

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA
STAVEBNÍ**



**BAKALÁŘSKÁ
PRÁCE**

2019

**NATHALIE
KRAMPLOVÁ**



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra konstrukcí pozemních staveb

Rekonstrukce historického kostela

Refurbishment of historic church

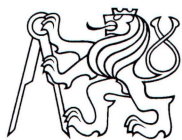
Bakalářská práce

Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

Vedoucí práce: doc. Ing. Jiří Pazderka, Ph.D.

Nathalie Kramplová

Praha 2019



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Kramplová Jméno: Nathalie Osobní číslo: 458583
Zadávající katedra: K124 - Katedra konstrukcí pozemních staveb
Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Rekonstrukce historického kostela
Název bakalářské práce anglicky: Refurbishment of historic church

Pokyny pro vypracování:

Proveďte zjednodušený stavebně technický průzkum objektu zaměřený na vybrané stavebně-technické problémy a následný návrh vybraných sanačních opatření.

Seznam doporučené literatury:

- [1] Witzany J., Wasserbauer R., Čejka T., Zigler R.: Poruchy, degradace a rekonstrukce, skriptum ČVUT, 2010
- [2] Balík M. a kol.: Odvlhčování staveb, Grada Publishing, Praha, 2005
- [3] Pazderka J., Zigler R.: Refurbishment of moist building masonry in terms of sustainable building, Central Europe towards Sustainable Building 2013, p. 163-166, 2013.

Jméno vedoucího bakalářské práce: doc. Ing. Jiří Pazderka, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 18.2. 2018

Termín odevzdání bakalářské práce: 26.5. 2019

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

18.2. 2019

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně s výjimkou konzultací poskytnutých vedoucím práce doc. Ing. Jiřím Pazderkou, Ph.D. a všechny použité prameny a literatura jsou uvedeny v seznamu citované literatury.

Nemám námitek proti použití tohoto školního díla ve smyslu §60 Zákona č. 121/2000 sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 26. 5. 2019

.....

Poděkování

V první řadě bych chtěla poděkovat mému vedoucímu práce doc. Ing. Jiřímu Pazderkovi, Ph.D. za jeho ochotu, užitečné rady a obětovaný čas. Dále pak paní Ivaně Loušové za pomoc při průzkumu v Mikrobiologické laboratoři, panu faráři Tomaszu Kowaliku za umožnění přístupu do kostela sv. Jiljí a rodině Petrášových za zprostředkování přístupu do kostela a pomoc při stavebně technickém průzkumu. Taktéž děkuji své nejbližší rodině a přátelům za podporu během zpracování této práce.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá zjednodušeným stavebně technickým průzkumem kostela sv. Jiljí ve Švihově, analýzou jeho vybraných poruch a návrhem sanačního opatření. Řešena je problematika zvýšené vlhkosti zdiva, statických trhlin a biologického napadení zdiva a dřevěných prvků krovu. V rámci průzkumu proběhlo měření vlhkosti in-situ. Pomocí kapacitního vlhkoměru byla stanovena vlhkost zdiva a pomocí odporového vlhkoměru vlhkost dřevěných prvků v krovu. Následně proběhl odběr vzorků zdiva a dřeva k laboratorní analýze. V laboratoři proběhla gravimetrickou metodou validace hodnot vlhkosti zdiva získaných kapacitním vlhkoměrem. Dále byly v laboratoři zkoumány vzorky dřeva, u kterých bylo podezření na výskyt dřevokazných škůdců. Tato práce se taktéž zabývá příčinou vzniku jednotlivých poruch. Na závěr jsou uvedeny návrhy sanačních řešení, při jejichž návrhu byl brán zřetel na památkovou ochranu objektu.

Klíčová slova

průzkum, rekonstrukce, sanace, vlhkost, trhlina, kostel, zdivo, dřevo

Abstract

The aim of this bachelor thesis is to provide a simplified technical research of the church of St. Giles in Švihov, analysis of its selected failures and design of the remediation measures. This thesis also discuss and provides solutions for the problems of increased moisture in masonry, static cracks and timber roof elements attacked by the biological pests. A capacitive hygrometer was used to measure the moisture of the masonry inside the church and a resistive hygrometer was used to measure the moisture of the timber roof elements. The obtained results were verified by the gravimetrical method in the laboratory. In the laboratory there was also determined the content of salts in the masonry. It was firstly analysed qualitatively and then quantitatively. Likewise, an analysis was performed on the samples of the timber elements, which were suspected to be affected by the timber-boring insect and timber-decay fungus. This thesis also discuss analysis of causes of the failures. The design of the remediation measures was taken with regard to the heritage protection.

Keywords

research, refurbishment, remediation, moisture, crack, church, masonry, timber

Obsah

1. ÚVOD.....	9
2. ZÁKLADNÍ INFORMACE O OBJEKTU.....	10
2.1. Lokace	10
2.2. Základní popis a památková péče	11
2.3. Historie a stavební vývoj kostela.....	12
3. ZJEDNODUŠENÝ STAVEBNĚ TECHNICKÝ PRŮZKUM.....	14
3.1. POPIS KONSTRUKCÍ	14
3.1.1. Výkresová dokumentace	14
3.1.2. Geologické podloží a radon	14
3.1.3. Základové konstrukce	15
3.1.4. Svislé konstrukce	16
3.1.5. Stropní konstrukce	16
3.1.6. Vertikální komunikace	18
3.1.7. Konstrukce zastřešení.....	18
3.1.8. Podlahy.....	20
3.1.9. Otvory a jejich výplně.....	20
3.1.10. Povrchové úpravy.....	21
3.1.10.1. Vnější	21
3.1.10.2. Vnitřní.....	21
3.2. ZJIŠTĚNÉ PORUCHY	22
3.2.1. Vlhkost zdiva	22
3.2.2. Vlhkost stropních konstrukcí	22
3.2.3. Biologické napadení konstrukcí.....	22
3.2.4. Trhliny v konstrukcích	23
3.2.4.1. Trhliny ve svislých konstrukcích.....	23
3.2.4.2. Trhliny ve vodorovných konstrukcích.....	24
3.2.5. Poruchy krovu	25
4. ANALÝZA PORUCH A JEJICH PŘÍČIN	26
4.1. Vlhkost zdiva.....	26
4.1.1. Měření vlhkosti zdiva.....	26
4.1.1.1 Měření vlhkosti in situ	26
4.1.1.2 Měření vlhkosti v laboratoři.....	29

4.1.1.3. Porovnání metody měření vlhkosti in situ a v laboratoři	30
4.1.2. Příčiny vlhkosti	30
4.2. Vlhkost stropních konstrukcí.....	31
4.3. Salinita zdiva	31
4.3.1. Stanovení obsahu solí v laboratoři	31
4.3.1.1. Kvalitativní analýza	32
4.3.1.2. Kvantitativní analýza	33
4.3.1.2.1 Stanovení obsahu dusičnanů	34
4.3.1.2.2 Stanovení obsahu síranů	34
4.3.1.2.3 Stanovení obsahu chloridů	34
4.3.1.2.4 Stanovení obsahu amoniaku	34
4.3.2. Příčina výskytu solí	34
4.4. Biologická degradace zdiva – plísně a řasy.....	35
4.4.1. Analýza v laboratoři.....	35
4.4.2. Příčina výskytu plísní a řas	37
4.4.3. Popis detekovaných plísní.....	38
4.5. Degradace krovu.....	39
4.5.1. Měření vlhkosti dřeva	39
4.5.2. Analýza vzorků v laboratoři.....	39
4.5.3. Příčiny výskytu dřevokazných hub a hmyzu	40
4.6. Trhliny v konstrukcích	41
4.6.1. Příčina vzniku trhlin.....	41
5. NÁVRH SANAČNÍCH OPATŘENÍ.....	42
5.1. SANACE KROVU NAPADENÉHO DŘEVOKAZNÝM HMYZEM A HOUBAMI.....	42
5.2. SANACE ZVÝŠENÉ VLHKOSTI.....	44
5.2.1. Podlahová vzduchová dutina.....	44
5.2.2. Doplnková opatření	45
5.2.2.1. Dešťové svody	45
5.2.2.2. Odstříkující voda.....	45
5.3. SANACE SALINITY ZDIVA	46
5.4. SANACE BIOLOGICKÉHO NAPADENÍ ZDIVA – ŘASY, MECHY, PLÍSNĚ	47

5.5.	SANACE PORUCHY VE ZDI MEZI HLAVNÍ LODÍ A PRESBYTÁŘEM	47
5.5.1.	Pomocí helikální výztuže	47
5.5.2.	Pomocí ocelového táhla	48
5.6.	SANACE PORUCHY VE ZDI MEZI HLAVNÍ A VEDLEJŠÍ LODÍ	48
5.7.	SANACE TRHLIN OBECNĚ	49
6.	ZÁVĚR	50
7.	POUŽITÝ SOFTWARE	53
8.	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	53
9.	SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ A TABULEK	53
10.	SEZNAM VÝKRESŮ	56
11.	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	57
12.	SEZNAM PŘÍLOH	61

1. ÚVOD

Tato bakalářská práce se zabývá rekonstrukcí historického kostela sv. Jiljí nacházejícím se ve městě Švihov ve východních Čechách nedaleko Klatov. Jedná se o hřbitovní kostel, který je jediným pozůstatkem prvního, dnes již zaniklého, panského sídla ve Švihově.

Nejstarší část kostela pochází z období 12. až 13. století. V následujících stoletích probíhaly různé stavební úpravy. Došlo k přístavbě hlavní lodi, sakristie a předsíně, skrze kterou vede stávající hlavní vchod do kostela. K poslední zásadní stavební proměně došlo v období klasicismu, kdy kostel získal dnešní podobu. Další již drobnější úpravy v podobě opravy fasády, střešní krytiny a zajištění okenních otvorů probíhaly v následujícím období a poslední byly provedeny v roce 2011/2012, kdy byla provedena částečná oprava fasády a vyměněna část střešní krytiny.

Kostel sv. Jiljí byl vždy oproti ostatním švihovským památkám upozaděn a nebylo mu věnováno zasluhující pozornosti, proto se zejména interiér kostela v dnešní době nachází v žalostném stavu. Negativní vliv zde má zejména zvýšená vlhkost a s ní související degradační procesy, zároveň je narušen statickými poruchami.

V první části této práce je uveden zjednodušený stavebně technický průzkum, v rámci kterého jsou popsány konstrukce objektu a zároveň zhodnocen jejich stávající stav včetně zjištění konkrétních poruch.

V další části práce je uvedena analýza příčin vzniku poruch, v rámci které proběhlo mimo jiné zkoumání vzorků odebraných v objektu v Mikrobiologické laboratoři FSv ČVUT. V rámci stavebně technického průzkumu nebylo možné vzhledem k památkové péči výrazně zasahovat do konstrukcí, bylo však možno odebrat k laboratorní analýze vlhkosti a napadení biologickými škůdci malé množství vzorků omítek a dřeva z krovu.

V poslední části jsou uvedeny návrhy vhodných sanačních opatření, která by plnila svou funkci ze stavebně technické stránky a zároveň byla v souladu s památkovou péčí.

Cílem této práce je taktéž upozornit na aktuální špatný stav kostela a sloužit tak jako podnět k zahájení opatření vedoucích k provedení jeho celkové rekonstrukce v blízké době.

2. ZÁKLADNÍ INFORMACE O OBJEKTU

2.1. Lokace

Kostel svatého Jiljí se spolu s přilehlým hřbitovem nachází v malém dvoutisícovém městečku Švihov v Plzeňském kraji, zhruba 10 km od Klatov. Vyjímá se na kopci ve východní části města nad řekou Úhlavou, v blízkosti železniční tratě, v nadmořské výšce 395 m n.m.



Obr. 1 Letecký snímek města Švihov u Klatov s umístěním kostela sv. Jiljí [4]



Obr. 2 Katastrální mapa města Švihova u Klatov s umístěním kostela sv. Jiljí [3]



Obr. 3 Zeměpisná mapa města Švihova u Klatov s uvedenými nadmořskými výškami [5]

2.2. Základní popis a památková péče



Obr. 4 Pohled severovýchodní

Jedná se o tribunový hřbitovní kostel, původně z doby románské. Odhadovaná doba vzniku je zhruba přelom 12. a 13. století. Během následujících staletí byl doplněn o přístavby a na původních částech byly provedeny stavební úpravy. [1][42] Dnes je tvořen hlavní lodí, vedlejší lodí, sakristií, presbytářem, kruchtou a předsíní, skrze níž vede stávající hlavní vchod do kostela. Do prostoru kruchty vede zvláštní vchod se samostatným schodištěm v severní části kostela. Do podkroví se lze dostat malým okénkem v prostoru kruchty. Střecha kostela je řešena jako sedlová, v severní části nad presbytářem se sbíhá do valby. Oba menší přístavky mají samostatné sedlové střechy. V místě napojení presbyteria k lodi je umístěn šestiboký sanktusník. Kolem kostela se nachází hřbitov, přičemž několik hrobů je umístěno v bezprostřední blízkosti obvodového zdiva kostela.

Vlastníkem kostela a přilehlého hřbitova je město Švihov.

Kostel je zařazen mezi nemovité kulturní památky České republiky. Památkově chráněn je od 3.5. 1958. [1]



Obr. 5 Pohled západní



Obr. 6 Pohled severozápadní



Obr. 7 Pohled jihovýchodní



Obr. 8 Pohled jižní

2.3. Historie a stavební vývoj kostela

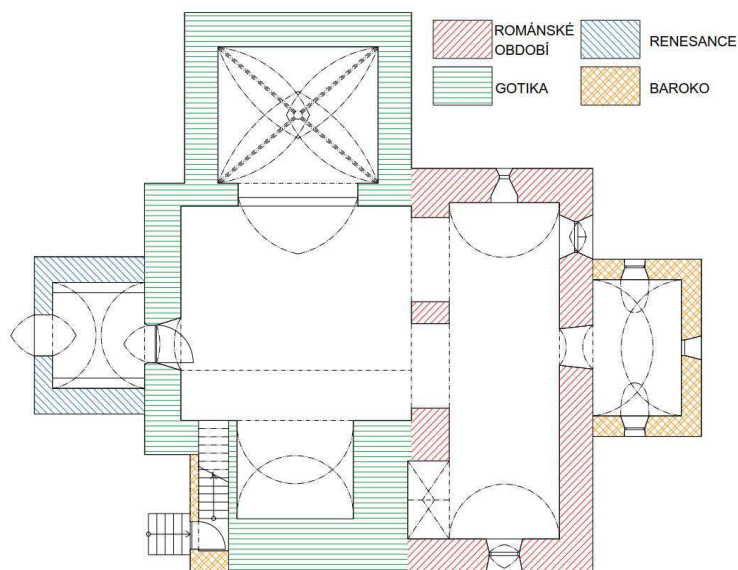
Kostel nese své jméno po svatém Jiljím, mnichovi a poustevníkovi, který se dle legendy narodil v Řecku do bohaté rodiny, kde po smrti rodičů veškeré své jmění rozdal a rozhodl se sloužit Bohu. Je to zároveň jeden ze Čtrnácti svatých pomocníků, což je skupina uctívaných svatých v římskokatolické církvi a sloužících jako přímlovci a ochránci před neštěstím a nemocemi. [6]

První zmínky o Švihově v písemných pramenech pochází z roku 1245. Ještě z doby předcházející tomuto roku pochází dnes již zaniklé šlechtické sídlo, jehož součástí byl právě kostel sv. Jiljí. Jméno zakladatele tohoto sídla není přesně známo. Kostel je jediným pozůstatkem po tomto sídle.

Existuje několik verzí, které hovoří o nejstarší části kostela. Dle některých pramenů tvoří nejstarší část hlavní loď s patrovou západní částí, kde byla panská tribuna, na kterou vedl dřevěný most spojující kostel se šlechtickým sídlem. Boční loď sloužila jako obytné stavení zemanské tvrze a na místě dnešního presbyteria se nacházela

půlkruhová apside. Dle jiných pramenů je nejstarší část tvořena dnešní vedlejší lodí, která se považuje za pozůstatek původní románské svatyně z konce 12. století. Právě na této verzi se shodne největší množství historiků.

V období gotiky došlo k přemístění osídlení na druhý břeh Úhlavy a kostel ztratil své výsadní postavení. Svou pozornost získal zpět okolo poloviny 14. století. Z této doby zřejmě pochází hlavní loď, presbytář a kruchta. Gotická hlavní loď



Obr. 9 Historický původ částí kostela

pravděpodobně dosahovala výrazně větší výšky než dnes, neboť gotická okna jsou posazena poměrně vysoko blízko stropní konstrukci. Vstup do kostela byl ze severu, skrze gotický portál, který se však do dnešních dob nezachoval. V západní patrové části byla patrně menší věžní tribuna přístupná z interiéru lodi, neboť schodiště, které v současnosti vede na kruchtě z exteriéru, je až z doby barokní. V období gotiky proběhly taktéž stavební úpravy v románské boční lodi. Tyto úpravy se týkaly zejména přeměny románských oken na gotická.

V období rané renesance došlo k přístavbě severní předsíně a zajištění tak nového vchodu do kostela, který se zachoval až do dnešního dne.

K nejzásadnějším stavebním úpravám došlo v období baroka. Koncem 17. století došlo k opravám stávajících částí kostela a součástí úprav bylo i provedení jižní přístavby a proražení otvoru z boční lodě do nově vzniklé přístavby. V boční lodi byl zřízen oltář a vzniklo zde poutní místo. Jak byl zřízen průchod mezi hlavní a vedlejší lodí, není doloženo. V období baroka došlo také k zásadní události, a to k požáru krovu kostela. Byl však znovu postaven. V rámci přestavby krovu došlo ke snížení výšky hlavní lodě. Další zásadní změnou v tomto období bylo zřízení hudební kruchty a na ní vedoucího bočního schodiště.

V období klasicismu došlo k přeměně zejména interiéru kostela. Co se stavebních úprav týče, tak byly proraženy dva otvory mezi hlavní a vedlejší lodí. Zároveň byl zazděn vstup z jižní předsíně a tento prostor začal sloužit jako sakristie.

K roku 1852 je ve farní kronice doložena výstavba sanktusníku nad presbytářem. V 19. století dále pak proběhla také úprava štítu severní předsíně do stávající podoby.

Mezi nejmladší zásahy do objektu patří provedení nových vnějších a vnitřních omítek, výměna okenních výplní a střešní krytiny v 60. letech 20. století. V 90. letech byla položena nová krytina na boční lodi. V roce 2011/2012 proběhly zatím poslední opravy. Byla vyměněna střešní krytina nad presbyteriem a provedena nová vnější omítka. [1][2][42]

3. ZJEDNODUŠENÝ STAVEBNĚ TECHNICKÝ PRŮZKUM

3.1. POPIS KONSTRUKCÍ

3.1.1. Výkresová dokumentace

K objektu byl na ÚOP NPÚ v Plzni k dispozici k nahlédnutí Stavebně historický průzkum kostela sv. Jiljí, jehož obsahem je několik skic kostela, avšak bez výměr. Z tohoto důvodu bylo nutno objekt zaměřit in-situ. Zaměření proběhlo pomocí laserového dálkoměru a svinovacího metru. Následně bylo provedeno zakreslení stávajícího stavu do digitální podoby. Výkresová dokumentace je přílohou této práce – výkresy č.1-10.

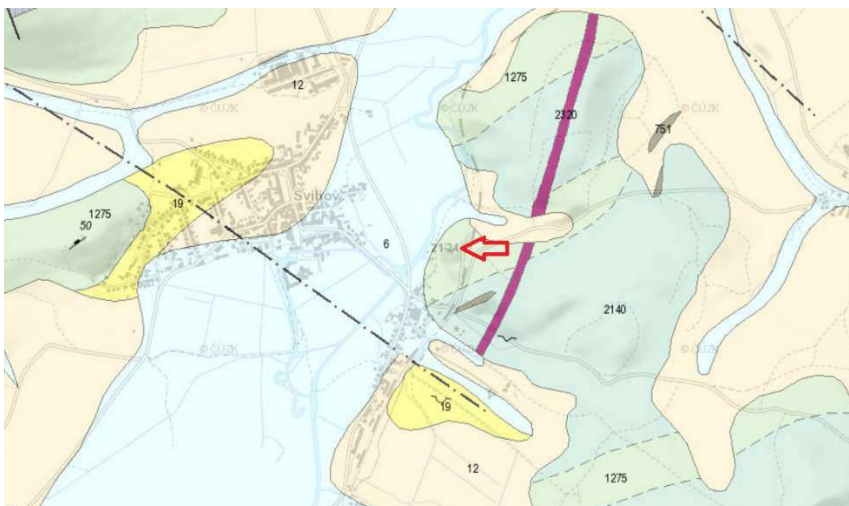


Obr. 10 Zaměřování kostela laserovým dálkoměrem

3.1.2. Geologické podloží a radon

Dle Geologické mapy České geologické služby [7] je oblast, kde se nachází kostel sv. Jiljí, součástí soustavy Českého masivu z éry proterozoika – paleozoika. Podloží je zde tvořeno z metamorfované horniny – břidlice. V okolí se nachází fylitické drobové břidlice. Z čeho jsou tvořeny pokryvové vrstvy, by bylo nutno zjistit provedením nové vrtné sondy. Dle mapy Vrtné prozkoumanosti České geologické služby [8] se sice ve městě Švihov nachází několik míst, kde byly tyto sondy provedeny, avšak tato místa se nachází především v centru města a podél hlavní silnice u řeky, tudíž na tamějších místech zjištěný geologický profil není vypovídající pro místo, kde se nachází kostel sv. Jiljí.

Dle radonové mapy [9] je v této oblasti nízký radonový index.



Obr. 11 Výsek z Geologické mapy České geologické služby. Poloha kostela sv. Jiljí je vyznačena červenou šipkou. [7]



Obr. 12 Rozmístění vrtů ve městě Švihov [8]

3.1.3. Základové konstrukce

Vzhledem k tomu, že k objektu nejsou k dispozici výkresové podklady, ve kterých by byl patrný způsob založení objektu, lze ho pouze předpokládat. Část objektu z doby románské a gotiky je pravděpodobně založena na základovém zdivu z lomového kamene nebo na kamenném zdivu s hliněným pojivem. Část z období renesance a baroka pravděpodobně na základových pasech z kamenného zdiva.

V případě provádění rekonstrukce kostela by bylo nutné provést sondy, které by odhalily, jak je kostel skutečně založen a v jakém stavu tyto konstrukce jsou.

3.1.4. Svislé konstrukce

Svislé konstrukce presbytáře, hlavní a vedlejší lodi jsou z kamenného zdiva o tloušťce 1,0 - 1,1 m. Část kruchty je také z kamenného zdiva a jeho tloušťka je 1,5 m. V místě v podkroví je tloušťka stěn hlavní lodi a presbyteria menší. Tloušťka stěn se zde pohybuje mezi 500 a 800 mm.

Přístavba předsíně z období renesance je pravděpodobně z cihelného zdiva, v rámci stavebně technického průzkumu to nebylo možné blíže ověřit, neboť zdi nejsou v žádném místě obnažené od omítky a sondu nebylo možno provést. Tloušťka stěn je 0,55 a 0,75 m. Z cihelného zdiva je pravděpodobně také jižní přístavba. Tloušťka zdiva je v této části kostela 0,6 m.

U několika oken nacházejících se ve stěnách z kamenného zdiva jsou kolem okenních rámců z interiéru viditelné cihelné vyzdívky. A to z toho důvodu, že okna nejsou původní a v rámci osazení nových okenních rámců byla provedena i cihelná vyzdívka.



Obr. 13 Lomové a cihelné zdivo ve štítové stěně (východní stěna presbytáře)



Obr. 14 Kamenné zdivo stěny mezi hlavní a vedlejší lodí.

3.1.5. Stropní konstrukce

Nad hlavní lodí je rovný trámový strop bez záklopu. Zespodu je opatřen podbitím a rákosovou omítkou. Vzdálenost stropních trámů je 0,9 m a z podkroví je zřejmé, že jsou kladeny vždy do půlky osově vzdálenosti mezi vaznými trámy krovu. V místě uložení stropních trámů na obvodovou zeď je přerušena pozednice. Rozměry trámů jsou 300 x 200 mm, rozpon je zhruba 7,1 m. Uložení na zdivo je cca 300 mm. Podbití je z prken o tloušťce 18-25 mm. Z podkroví je patrné, že necelá třetina výšky trámů je zasypaná sutí,

kterou z části tvoří zbytky střešní krytiny, dále pak kusy kameniva, cihel, zvířecí mršiny a trusem živočichů.



Obr. 15 Uložení stropního trámu na obvodovou zed'. Přerušení pozednice v místě uložení trámu.



Obr. 16 Trámový strop s rákosovou omítkou

Vedlejší loď je zaklenuta valenou klenbou uloženou na podélné zdi. Na rubové straně je přitížena násypem a sutí. Vyzděna je z kamenného zdiva. Rozpon je zhruba 3,3 m a vzepětí 1,6 m.

Zaklenutí pomocí valené klenby se nachází i nad kruchtou a v podkruchtí. V prostoru kruchtě je rozpon 3,5 m a vzepětí zhruba 1,75 m. Je taktéž přitížena násypem a sutí. Klenba v podkruchtí je přitížena kamennou nadezdívkou.

Nad presbytářem je žebrová křížová klenba, přitížena násypem. Taktéž z kamenného zdiva.

Valená klenba se taktéž nachází v obou přístavbách. V prostoru předsíně má vzepětí cca 1,3 m a rozpon 3,1 m, v prostoru sakristie pak vzepětí 1,8 m a rozpon 3,9 m. V obou prostorách je klenba vyzděna pravděpodobně z cihelného zdiva.



Obr. 17 Sut' na rubu valené klenby boční lodi



Obr. 18 Žebrová křížová klenba nad presbytářem

3.1.6. Vertikální komunikace

V objektu se nachází dvojce schodiště. Obě umožňují přístup na kruchtu. První z nich je kamenné a zajišťuje přístup ke dveřím na severní straně kostela. Za dveřním otvorem se nachází schodiště zděné. Obě schodiště jsou v poměrně špatném stavu, neboť nejsou a v minulosti taktéž nebyla jakkoliv udržována.

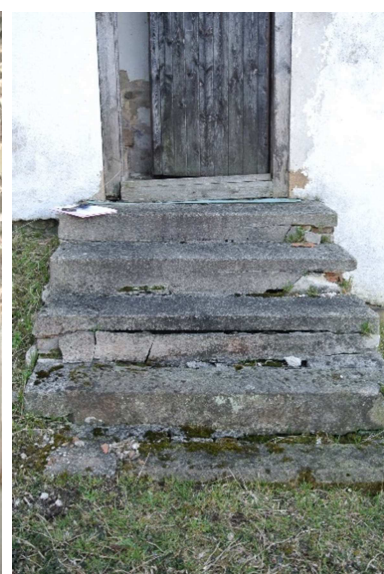
K přístupu na krov slouží dřevěný žebřík, není nijak zajištěn a je pouze volně opřen.



Obr. 19 Zděné schodiště vedoucí na kruchtu



Obr. 20 Dřevěný žebřík umožňující přístup na krov



Obr. 21 Kamenné schody na severní straně vedoucí ke vstupu na kruchtu

3.1.7. Konstrukce zastřešení

Nad hlavní a vedlejší lodí, presbytářem a kruchtou je sedlová střecha, na západní straně zakončena štítem a na východní strmou valbou. Nad presbytářem se nachází šestiboký sanktusník, zastřešený cibulovitou střechou. V lucerně věže jsou otvory zakryté prkny. Krytina sanktusníku je plechová.

Řešení krovu nad hlavní a vedlejší lodí je konstrukčně složité. Stávající krov pochází z období baroka, kdy musel být po požáru svého předchůdce zrekonstruován. Na konstrukci je patrné, že ačkoliv je krov barokní, byla snaha o zachování historického charakteru. Krov nese znaky barokní i gotické. Navíc při rekonstrukci bylo pravděpodobně použito i dřevo ze starého krovu, které nebylo poškozeno požárem.

Konstrukce krovu nad hlavní a vedlejší lodí je rozdělena na tři etáže. V horní části na hambalkovou soustavu s dvěma hambalky, ve spodní části krovu vazba nese znaky

vaznicové soustavy – ležaté stolice. Rozpětí krovu je zhruba 7,6 m. Sklon je 60 stupňů. Vzdálenost vazných trámů je 0,9 m. Do půlky jejich vzdálenosti jsou v prostoru nad hlavní lodí uloženy stropní trámy. V prostoru nad presbytářem jsou mezi vazné trámy vloženy výměny a do nich začepována krátkata. V každé vazbě krovu se nachází dva hambalky se vzpěrami, ve spodní etáži připomínající ležatou stolicí dochází ke střídání plných a jalových vazeb. Vzpěry mezi horním a spodním hambalkem jsou v každé čtvrté vazbě řešeny jako tzv. klasové. Ve zbylých jsou vzpěry začepovány mezi krokev a spodní hambalek (v některých vazbách se vyskytuje spojení přes tzv. rybinový plát).

V podélném směru krovu je tzv. podélná stolice ve dvou úrovních. Horní sloupek je podpírán spodním hambalkem a středovým nosníkem nacházejícím se pod spodním hambalkem. Zároveň podpírá nosník podpírající horní hambalek. Spodní sloupek podpírá středový nosník a je uložen na prahový nosník, umístěný kolmo na vazné trámy.

Krov je v podélném směru ztužen podélnou stolicí, pásky a ondřejskými kříži, nacházejícími se v rovině krokví. V příčném směru je ztužen převážně pomocí vzpěr.

Krytina střechy je prejzová a je položena na latích kolmých na krokve. Osová vzdálenost latí je 0,32 m. Na části kostela je krytina z 60. let 20. století, v části nad presbytářem je položena krytina nová z roku 2011/2012. Zakreslení konstrukce krovu je uvedeno na výkresech č. 4 – 6.

Jak je řešeno zastřešení předsíně a sakristie nebylo možné v rámci stavebně technického průzkumu zjistit, neboť prostor nad zaklenutím těchto přístaveb nebyl přístupný. V případě provádění rekonstrukce kostela by bylo nutno provést sondy do těchto konstrukcí a zjistit tak jejich provedení a stav. Krytinu tvoří bobrovka.



Obr. 22 Uložení pozednic do štítové zdi



Obr. 23 Přichycení námětku k vaznému trámu pomocí tzv. kramle



Obr. 24 Začepování krokve do pozednice



Obr. 25 Pohled do konstrukce sanktusníku

3.1.8. Podlahy

V prostoru celého kostela, kromě prostoru kruchty, je cihelná podlaha uložená do násypu. Výška násypu bude pravděpodobně kolem 80 mm. Podlaha je v celkem dobrém stavu, pouze na některých místech, zejména ve vedlejší lodi před oltářem, se propadá. Nejnižší místo je zhruba o 35 mm níž než zbylá rovina podlahy. Cihelná dlažba se nachází taktéž



Obr. 26 Propadlá podlaha v boční lodi před oltářem

v prostoru presbytáře. Tato zvlášť významná část prostoru kostela je zdůrazněna vyvýšením podlahy o 130 mm. Přechodový stupeň je řešen masivním dřevěným prahem.

Na kruchtě je prkenná podlaha tvořená dřevěným záklopem trámového stropu vynášejícím kruchtu.

3.1.9. Otvory a jejich výplně

Původní okenní otvor v prostoru kostela je románské okno v prostoru vedlejší lodi za oltářem a okenní otvory v jižní sakristii z období pozdní renesance. Zde se také nachází tzv. volské okno. Ostatní okenní otvory nejsou původní. V prostoru hlavní a vedlejší lodě se nachází pozůstatky původních gotických oken, zároveň jsou však v otvorech osazeny novodobější dřevěné rámy se skleněnými tabulemi.

Jediná osazená dveřní křídla jsou při hlavním vstupu do kostela z předsíně do hlavní lodě, kde se nachází dřevěné jednokřídlé levé dveře, bez zárubně, dále při bočním vstupu na kruchtě, kde se nachází taktéž dřevěné levé dveře, avšak s osazenými dřevěnými zárubněmi. Ostatní otvory jsou bez dveřních křídel a bez zárubní. Otvor ve stěně mezi hlavní lodí a presbytářem je zaklenut lomeným obloukem. Dva otvory mezi hlavní a vedlejší lodí byly dodatečně proraženy v období klasicismu a mají rovné nadpraží. Otvor ve stěně mezi vedlejší lodí a sakristií je taktéž zaklenut.



Obr. 27 Pozůstatek gotického okna



Obr. 28 . Původní románské okno

3.1.10. Povrchové úpravy

3.1.10.1. Vnější

Poslední úprava fasády proběhla v roce 2011/2012, kdy byla nabílena. Pod fasádní barvou se nachází vápenná omítka, která pochází z 90. let 20. století.

3.1.10.2. Vnitřní

Poslední úpravy interiéru kostela proběhly v 90. letech 20. století. V této době byl interiér vybělen. Je zde taktéž vápenná omítka, která je však starší než venkovní. Navíc je možné, že do výšky zhruba do 2 m byla dodatečně provedena omítka na bázi cementu.

Stropní konstrukce hlavní lodí je opatřena omítkou na rákosové rohoži. Nachází se na ní freska. Freska se nachází taktéž na líci křížové klenby v presbytáři.

3.2. ZJIŠTĚNÉ PORUCHY

3.2.1. Vlhkost zdiva



Obr. 29 Provlhlé zdivo

Největším problémem v kostele je zvýšená vlhkost zdiva a s ní související jeho degradace. Na několika místech již došlo k opadání omítky, zejména ve spodních částech u podlahy, a následně k obnažení zdiva.

V rámci stavebně technického průzkumu objektu došlo k měření vlhkosti zdiva in-situ pomocí kapacitního vlhkoměru a k odběru vzorků, u kterých byla v laboratorních podmínkách určena vlhkost.

3.2.2. Vlhkost stropních konstrukcí



Obr. 30 Stopy po zatékání do stropní konstrukce

Stopy po vlhkosti se nacházejí i na několika místech trámového stropu nad hlavní lodí. Jsou to viditelné pozůstatky po zatékání.

3.2.3. Biologické napadení konstrukcí

Vliv zvýšené vlhkosti je v objektu umocněn přítomností mikroorganismů. Z interiéru bylo patrné znehodnocení zdiva a omítky přítomností řas a mechů, z exteriéru pak znehodnocení fasády plísněmi. Na místě byly odebrány vzorky a následně pak zkoumány v Mikrobiologické laboratoři FSv ČVUT za účelem bližšího určení, o jaké mikroorganismy se jedná.

Zakreslení poruch od biologických činitelů je společně se zakreslením viditelných poruch od zvýšené vlhkosti uvedeno na výkresech č. 7 - 11.



Obr. 31 Výskyt řas na zdivu



Obr. 32 Výskyt plísně na fasádě objektu

3.2.4. Trhliny v konstrukcích

3.2.4.1. Trhliny ve svislých konstrukcích

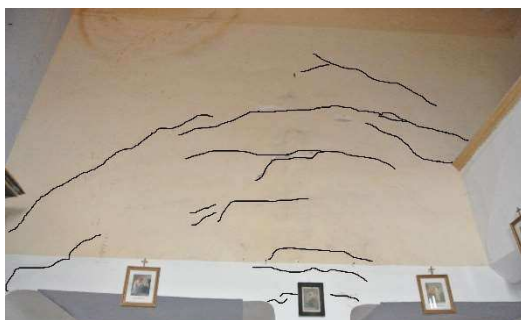
Další poruchou vyskytující se v kostele jsou trhliny ve svislých konstrukcích.

Ve stěně mezi hlavní lodí a presbytářem jsou patrné statické tahové trhliny v oblasti zaklenutí otvoru. Jedná se pravděpodobně o aktivní trhliny, avšak v rámci stavebně technického průzkumu to nebylo možné s jistotou potvrdit.



Obr. 33 Zvýrazněné trhliny v zaklenutí otvoru ve zdi mezi presbytářem a hlavní lodí

Další statické porušení se nachází ve zdi mezi hlavní a vedlejší lodí. Trhlina svým tvarem připomíná část paraboly. Je viditelná jak ze strany z hlavní, tak i vedlejší lodí. Více patrná je však ze strany hlavní loď. Zároveň je viditelně porušeno i zhlaví středového pilíře mezi otvory v této stěně. Jedná se pravděpodobně taktéž o aktivní trhliny.



Obr. 34 Trhlina mezi hlavní a vedlejší lodí (pohled z hlavní lodi). Trhliny jsou černě zvýrazněny.



Obr. 35 Trhlina mezi hlavní a vedlejší lodí (pohled z vedlejší lodi). Patrné porušení zhlaví pilíře. Trhliny jsou černě zvýrazněny.

Trhliny se nacházejí také v prostoru presbytáře, ve východní stěně, v místech kotvení oltáře pomocí ocelových táhel. Jedná se o aktivní trhlinu, neboť příčina jejího vzniku (viz dále kap. 4.6.1.) stále setrvává.



Obr. 36 Trhliny v nadpraží otvoru od kotvení oltáře pomocí ocelových táhel



Obr. 37 Trhliny v oblasti kotvení oltáře pomocí ocelových táhel



Obr. 38 Trhlina nad oknem v boční lodi. Je černě zvýrazněna.

V prostoru boční lodě na jižní stěně se nad gotickým oknem nachází smyková trhlina kopírující zaklenutí otvoru. Jedná se s největší pravděpodobností o aktivní trhlinu.

V rámci stavebně technického průzkumu nebylo možno určit šířku trhlín, neboť převážná většina trhlín se nachází na hůře dostupných místech.

Zakreslení trhlín je uvedeno na výkrese č. 12.

3.2.4.2. Trhliny ve vodorovných konstrukcích

Trhliny byly patrné také ve vodorovných konstrukcích, konkrétně na podhledu trámového stropu nad hlavní lodí. Zakreslení je uvedeno na výkrese č. 11



Obr. 39 Trhliny trámového stropu nad hlavní lodí v části u presbytáře



Obr. 40 Trhliny trámového stropu nad hlavní lodí v části u vedlejší lodě

3.2.5. Poruchy krovu

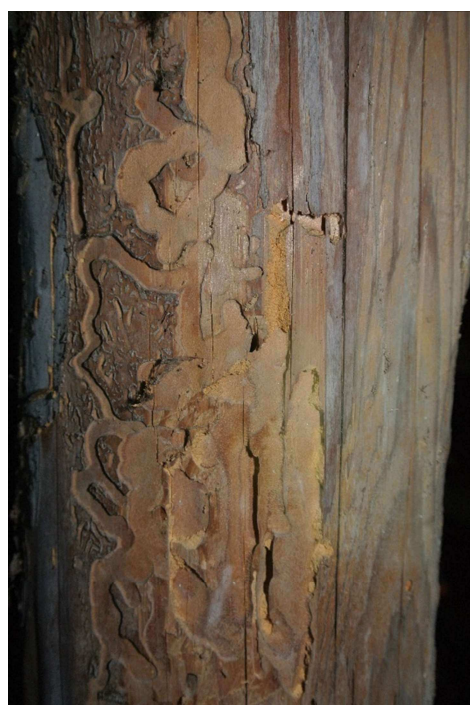
Některé prvky krovu, zejména v oblasti nad presbytářem a nad prostorem kruchty, jsou viditelně napadené dřevokazným hmyzem a houbami. Z poškozených míst byly odebrány vzorky, které byly v Mikrobiologické laboratoři FSv ČVUT dále zkoumány. Zejména jde o poškození sloupů sanktusníků, zhlaví vazného trámu (pravděpodobně i s čepem krokve) a mezilehlé vaznice na jižní straně objektu. V rámci stavebně technického průzkumu bylo kromě odebrání vzorků taktéž provedeno změření vlhkosti dřeva pomocí odporového vlhkoměru.



Obr. 41 Poškozená mezilehlá vaznice vlivem vlhkosti a biologických činitelů



Obr. 42 Prohnilý vazný trám v místě začepování krokve



Obr. 43 a 44 Sloupek věže sanktusníku napadený tesaříkem a červotočem.



Obr. 45 Sesychací trhlina na středovém nosníku podírajícím spodní hambalek

Na několika prvcích krovu jsou patrné sesychací trhliny, avšak v rámci stavebně technického průzkumu nebyla změřena jejich hloubka ani šířka. V rámci provádění rekonstrukce krovu by bylo nutno rozsah těchto trhlin přesně určit.

4. ANALÝZA PORUCH A JEJICH PŘÍČIN

Tato kapitola je další částí stavebně technického průzkumu.

4.1. Vlhkost zdiva

4.1.1. Měření vlhkosti zdiva

V rámci bližšího průzkumu vlhkosti zdiva bylo provedeno místní měření kapacitním vlhkoměrem v několika bodech objektu. Následně bylo odebráno 7 vzorků omítky a zdiva a tentýž den byly tyto vzorky dopraveny do Mikrobiologické laboratoře katedry konstrukcí pozemních staveb FSv ČVUT. Zde pak byla provedena gravimetrická metoda pro stanovení vlhkosti vzorků. Vzorky byly odebírány primárně z míst, kde proběhlo měření kapacitním vlhkoměrem. Zároveň však tato místa byla omezena jen na ta, která již byla značným způsobem poškozena, neboť nebyl žádoucí vznik dalších poškození omítky způsobených odebráním vzorku.

Hodnoty z měření in situ a pomocí gravimetrické metody byly vyhodnoceny, porovnány a využity pro návrh vhodných sanačních opatření.

4.1.1.1 Měření vlhkosti in situ

Místní nedestruktivní měření vlhkosti zdiva proběhlo za pomoci digitálního kapacitního vlhkoměru Greisinger electronic GMK100. Dále pak bylo provedeno měření relativní vlhkosti vzduchu a teploty pomocí přístroje Greisinger electronic GFTH95.



Obr. 46 Kapacitní vlhkoměr Greisinger electronic GMK100 (vpravo) a Greisinger electronic vlhkoměr + teploměr GFTH95 (vlevo)

Kapacitním vlhkoměrem byla měřena vlhkost omítek ve 31 místech v objektu, vždy ve 3 výškových úrovních – cca 0,1 m, 0,5 m a 1,0 m nad podlahou. Úroveň měření byla zvolena 25 mm. Odchylka přístroje je $\pm 2\%$. Naměřené hodnoty byly zaznamenány (Tab.3) a dále pak klasifikovány dle ČSN P 73 0610 (Tab.1). Body, ve kterých probíhalo měření, byly vybírány tak, aby na těchto místech došlo k minimalizaci vlivu poškození omítek, zejména vlivu trhlin a ztráty přilnavosti omítek k podkladu, neboť tato poškození mají vliv na přesnost měřicího přístroje. Tyto vlivy však nebylo možné zcela eliminovat, zejména ve spodní části zdí u podlahy, kde je povrch omítek již značně porušen.

Měření relativní vlhkosti vzduchu a teploty bylo provedeno v hlavní lodi, presbytáři, podkruchtí, na kruchtě, vedlejší lodi, sakristii a v podkroví. Naměřené hodnoty byly zaznamenány a jsou uvedeny v Tab. 2.

Body měření vlhkosti jsou uvedeny na výkresu č. 13.

Stupeň vlhkosti	Vlhkost zdiva w v % hmotnosti
Velmi nízká	$w < 3$
Nízká	$3 \leq w < 5$
Zvýšená	$5 \leq w < 7,5$
Vysoká	$7,5 \leq w \leq 10$
Velmi vysoká	$w > 10$

Tab. 1 Klasifikace vlhkosti zdiva dle ČSN P 73 0610

Místo měření	Naměřená hodnota relativní vlhkosti vzduchu [%]	Naměřená hodnota teploty [°C]
hlavní loď	49,8	5,2
vedlejší loď	53,2	5,1
presbyterium	53,6	5,1
podkruchtí	51,1	5,2
kruchta	54,0	6,1
sakristie	54,2	5,0
krov	56,5	6,3
exteriér	69,5	2,0

Tab. 2 Interiérové a exteriérové podmínky při měření

<i>Místo měření</i>	<i>Výška od pohlahy [m]</i>	<i>Naměřená hodnota vlhkosti [%]</i>	<i>Klasifikace</i>	<i>Místo měření</i>	<i>Výška od pohlahy [m]</i>	<i>Naměřená hodnota vlhkosti [%]</i>	<i>Klasifikace</i>
1	0,1	9,6	vysoká	16	0,1	9,5	vysoká
	0,5	7,2	zvýšená		0,5	10,8	velmi vysoká
	1	9,4	vysoká		1	10,6	velmi vysoká
2	0,1	9,0	vysoká	17	0,1	8,9	vysoká
	0,5	9,9	vysoká		0,5	8,3	vysoká
	1	10,5	velmi vysoká		1	8,8	vysoká
3	0,1	9,3	vysoká	18	0,1	7,2	zvýšená
	0,5	8,4	vysoká		0,5	8,3	vysoká
	1	8,2	vysoká		1	9,2	vysoká
4	0,1	7,3	zvýšená	19	0,1	9,8	vysoká
	0,5	7,3	zvýšená		0,5	7,9	vysoká
	1	6,6	zvýšená		1	8,2	vysoká
5	0,1	8,4	vysoká	20	0,1	10,2	velmi vysoká
	0,5	8,2	vysoká		0,5	8,8	vysoká
	1	9,5	vysoká		1	11,0	velmi vysoká
6	0,1	8,0	vysoká	21	0,1	7,5	vysoká
	0,5	6,7	zvýšená		0,5	8,4	vysoká
	1	6,1	zvýšená		1	9,0	vysoká
7	0,1	8,4	vysoká	22	0,1	6,0	zvýšená
	0,5	8,7	vysoká		0,5	5,5	zvýšená
	1	8,3	vysoká		1	7,2	zvýšená
8	0,1	8,2	vysoká	23	0,1	10,8	velmi vysoká
	0,5	8,8	vysoká		0,5	8,3	vysoká
	1	8,1	vysoká		1	6,0	zvýšená
9	0,1	8,3	vysoká	24	0,1	12,1	velmi vysoká
	0,5	8,8	vysoká		0,5	11,7	velmi vysoká
	1	8,4	vysoká		1	10,9	velmi vysoká
10	0,1	9,7	vysoká	25	0,1	9,4	vysoká
	0,5	8,9	vysoká		0,5	5,4	zvýšená
	1	9,9	vysoká		1	5,6	zvýšená
11	0,1	13,6	velmi vysoká	26	0,1	6,1	zvýšená
	0,5	10,6	velmi vysoká		0,5	8,0	vysoká
	1	11,2	velmi vysoká		1	8,6	vysoká
12	0,1	4,5	nízká	27	0,1	10,5	velmi vysoká
	0,5	4,6	nízká		0,5	9,9	vysoká
	1	5,4	zvýšená		1	10,3	velmi vysoká
13	0,1	10,8	velmi vysoká	28	0,1	6,0	zvýšená
	0,5	8,9	vysoká		0,5	8,6	vysoká
	1	10,2	velmi vysoká		1	8,5	vysoká
14	0,1	9,6	vysoká	29	0,1	5,1	zvýšená
	0,5	9,9	vysoká		0,5	4,3	nízká
	1	8,0	vysoká		1	4,9	nízká
15	0,1	8,4	vysoká	30	0,1	8,2	vysoká
	0,5	11,3	velmi vysoká		0,5	7,8	vysoká
	1	9,6	vysoká		1	6,3	zvýšená

Tab. 3 Naměřené hodnoty vlhkosti a jejich klasifikace

Z Tab.3 je patrné, že na několika místech byla ve výšce cca 1 m naměřena větší vlhkost než v místě u podlahy. Tento jev může mít několik příčin. Jednou z nich je nesoudržnost omítek, jejich značné poškození a výskyt vzduchových dutin v místě u podlahy. V těchto místech je kapacitním vlhkoměrem změřena zkreslená, nižší hodnota vlhkosti než ve vyšších výškách, kde je omítka celistvá. Další vliv na naměřené hodnoty může mít i aplikovaný typ omítek. Ve spodních částech, zhruba do 1 m, mohla být použita omítka s nižší difúzní propustností, tudíž voda navzlínala do vyšších výšek, a proto byla ve vyšších částech stěny naměřena vyšší vlhkost než v částech spodních.

4.1.1.2 Měření vlhkosti v laboratoři

K validaci hodnot naměřených kapacitním vlhkoměrem bylo provedeno odebrání vzorků zdiva a následně stanovení jejich vlhkosti gravimetrickou metodou v Mikrobiologické laboratoři katedry konstrukcí pozemních staveb. Místa odběru vzorků jsou uvedena na výkresu č. 13.

Nejprve byly zváženy prázdné hliníkové misky, následně byla zvážena hmotnost misky se vzorkem. Vážení proběhlo na digitální váze s přesností 0,01 g. Hodnoty byly zaznamenány (Tab.4) a poté byly vzorky uloženy do sušící pece, kde se ponechaly po dobu zhruba 48 hodin při teplotě. Po uplynutí této byly vzorky ze sušárny vyjmuty a opět zváženy. Na základě naměřených hodnot před sušením a po sušení, byla stanovena hmotnost vlhkost w [%] dle vzorce $w = \frac{(m_w - m_d)}{m_d} * 100$ [%], kde m_w je hmotnost vlhkého vzorku [g] a m_d je hmotnost suchého vzorku [g]. Následně byly stanovené hodnoty vlhkosti zaklasifikovány dle ČSN P 73 0610 (dle Tab.1)



Obr. 47 Příprava vzorků pro gravimetrickou metodu



Obr. 48 Vzorky v sušící peci

Číslo vzorku	Hmotnost misky [g]	před sušením		po sušení		Vlhkost w [%]
		Hmotnost	Hmotnost vlhkého vzorku	Hmotnost	Hmotnost suchého vzorku	
		vzorek + miska [g]	[g]	vzorek + miska [g]	[g]	
A	1,58	42,49	40,91	39,7	38,12	7,32
B	1,59	55,40	53,81	52,78	51,19	5,12
C	1,59	86,92	85,33	80,21	78,62	8,53
D	1,59	60,98	59,39	55,51	53,92	10,14
E	1,54	50,91	49,37	46,54	45,00	9,71
F	1,58	69,22	67,64	64,26	62,68	7,91
G	1,60	72,97	71,37	68,95	67,35	5,97

Tab. 4 Hodnoty naměřené v laboratoři

4.1.1.3. Porovnání metody měření vlhkosti in situ a v laboratoři

Hodnoty vlhkosti zdiva získané gravimetrickou metodou se od hodnot naměřených in situ pomocí kapacitního vlhkoměru liší v rozmezí do 2-3%.

4.1.2. Příčiny vlhkosti

Primárním zdrojem zvýšené vlhkosti konstrukcí kostela je vztlínající voda z podzákladí a ze zeminy, která tyto konstrukce obklopuje, neboť zde není provedena jakákoliv forma hydroizolace. Voda vzestupuje do výšky v důsledku kapilární elevace. Ta je závislá na velikosti a tvaru pórů, taktéž také na povrchu jejich stěn. Vztlínavost je taktéž ovlivněna přítomností solí v pórech, neboť při jejich usazování na stěnách pórů dochází ke zmenšení pórů, tudíž voda navztlíná do vyšší výšky. [39] Problematika výskytu solí je více rozvinuta v kapitole 5.2.

Dalším zdrojem vlhkosti je voda srážková. Tlakem při nárazu dešťové kapky, zejména za přítomnosti větru, dochází k pronikání vody do hloubky zdiva.



Obr. 49 Zvýšená vlhkost zdiva v soklové oblasti od tajícího sněhu.

Srážková voda má negativní vliv taktéž v soklové oblasti zdiva, kde dochází k jejímu odšťikování od terénu. V jarním období navíc dochází k tání sněhu a vzhledem k tomu, že terén v bezprostřední blízkosti zdiva není vyspádován, se veškerá voda zdržuje u zdiva.



Obr. 50 Umístění dešťového svodu

Ze srážkovou vodou souvisí taktéž nevhodné provedení zaústění svodů. Zakončení je na několika místech provedeno volně nad terén v soklové oblasti zdiva, tudíž dochází k výrazné lokální dotaci vlhkosti ze srážkové vody do základových konstrukcí, soklové oblasti zdiva a okolní zeminy.

4.2. Vlhkost stropních konstrukcí

Projevy poruch vlhkosti vyskytujících se na stropní konstrukci nad hlavní lodí jsou pozůstatkem po zatékání do stropní konstrukce skrze porušenou střešní krytinu.

4.3. Salinita zdiva

4.3.1. Stanovení obsahu solí v laboratoři

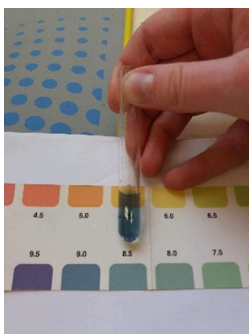
Při průzkumu vlhkosti byly vybrány 3 vzorky, které byly podrobeny i zkoušce na přítomnost solí a jejich množství. Vybrány byly vzorky č. 7, 5 a 3, přičemž očíslování vzorků je shodné jako v kap. 4.1.1.1. Byla zkoumána přítomnost chloridů (Cl^-), dusičnanů (NO_3^-), síranů (SO_4^{2-}) a doplňkově také amoniaku (NH_4^+). Nejprve byla provedena kvalitativní a následně kvantitativní analýza.

Před analýzami proběhla doporučená příprava vzorků, díky které je pak stanovené množství solí přesnější. Zhruba 2 g vzorku společně se 100 ml destilované vody byly umístěny do Erlenmeyerovy baňky a zazátkovány. Baňka pak byla střídavě zahřívána na vařiči až k bodu varu a umísťována do ultrazvuku. Následně byly ponechány baňky v klidu, aby došlo k sedimentaci vzorku. Další den byl před prováděním kvalitativní a kvantitativní analýzy z baňky oddělen čirý roztok, se kterým dále probíhaly testy.



Obr. 51 Příprava vzorků v ultrazvuku

4.3.1.1. Kvalitativní analýza



Obr. 52 Určování pH vzorku kvalitativní metodou

V rámci kvalitativní analýzy bylo nejprve kolorimetricky určeno pH zkoumaných vzorků. Do 1 ml čiré tekutiny ze vzorku ve zkumavce byly přidány 4 kapky indikátoru. Následně došlo k zabarvení tekutiny ve zkumavce a k porovnání tohoto zabarvení s kolorimetrickou stupnicí, kde byly dostupné hodnoty pH 4,0-10,0. S pomocí této stupnice bylo přibližně stanoveno pH vzorků. Hodnoty byly zaznamenány a jsou uvedeny v Tab.6. Klasifikace hodnot proběhla dle Tab. 5.

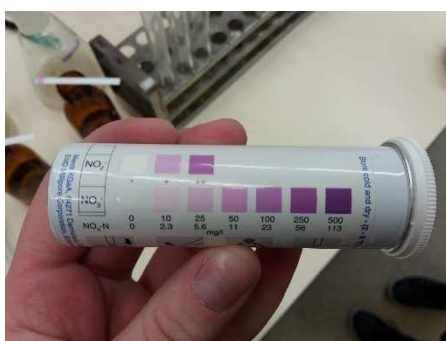
Hodnota pH	Klasifikace pH
< 7,0	kyselé
7,0	neutrální
> 7,0	zásadité

Tab. 5 Klasifikace hodnot pH

Číslo vzorku	Hodnota pH	Klasifikace
7	5,5	kyselé
5	7,5	zásadité
3	8,5	zásadité

Tab. 6 Hodnoty naměřené v laboratoři

Pomocí kvalitativní analýzy byla taktéž předběžně určena přítomnost a množství solí. Do čiré tekutiny ze vzorku byly na zhruba 1 s ponořeny indikační papírky. Následně došlo k porovnání zabarvení mokrého papírku s barevnou škálou uvedenou na obalu pro indikační papírky. Dle této metody bylo stanoven poměrně nízký obsah chloridů a vysoký obsah síranů a dusičnanů. Z důvodu vysokého zastoupení síranů a dusičnanů bylo nutné testovanou tekutinou vzorků před kvantitativní analýzou rozředit destilovanou vodou v poměru 1:10.



Obr. 53 Barevná škála na obalu pro indikační papírky k předběžnému stanovení obsahu dusičnanů.



Obr. 54 Testované vzorky a zabarvení indikační papírky při předběžném stanovení obsahu dusičnanů.

4.3.1.2. Kvantitativní analýza

Kvantitativní analýza byla provedena pomocí přístroje Spectroquant Pharo 300 od firmy MERCK. Jedná se o fotometrický přístroj, který funguje na principu měření absorpce světelného paprsku vzorkem. Zkoumaný vzorek tekutiny je spolu s příslušnými



Obr. 55 Fotometrický přístroj Spectroquant Pharo300, MERCK

činidly umístěn do kyvety, která je následně vložena do přístroje. Je důležité, aby tekutina v kyvetě byla co nejčiřejší, neboť zakalení zkresluje výsledky. Ihned po uzavření přístroje začne přístroj vysílat skrze kyvetu světelné paprsky. Část spektra je vzorkem pohlcena, část projde. Přístroj měří absorpenci vzorku a následně stanoví koncentraci soli ve vzorku. Tuto hodnotu stanoví v mg/l. Tato hodnota je následně

převedená na mg/g vzorku a klasifikována dle ČSN P 73 0610 (Tab.7). Převedení se provádí pomocí vzorce $k_{mg/g} = \frac{k_{mg/l}}{10 \times m}$, kde

$k_{mg/g}$ je koncentrace soli [mg/g]

$k_{mg/l}$ je koncentrace soli [mg/l]

m je hmotnost měřeného vzorku [g]

Přičemž u vzorků, které z důvodu vyšší koncentrace solí bylo nutno zředit destilovanou vodou, se nedělí hodnotou 10. Zředěn byl vzorek č.7 v případě testování síranů a vzorek č.7,5 a 3 v případě testování dusičnanů.

Zjištěné a zaklasifikované hodnoty koncentrací solí ve vzorcích jsou uvedeny v Tab. 8.

Stupeň zasolení zdiva	Obsah solí v mg/g vzorku		
	chloridy mg/g	dusičnany mg/g	síraný mg/g
nízký	< 0,75	< 1,0	< 5
zvýšený	0,75 až 2,0	1,0 až 2,5	5 až 20
vysoký	2,0 až 5,0	2,5 až 5,0	20 až 50
velmi vysoký	> 5	> 5	> 50

Tab. 7 Klasifikace stupně zasolení zdiva dle ČSN P73 0610

Číslo vzorku	Hmotnost vzorku [g]	Obsah amoniaku		Obsah chloridů			Obsah dusičnanů			Obsah síranů		
		mg/l	mg/g	mg/l	mg/g	Klasifikace	mg/l	mg/g	Klasifikace	mg/l	mg/g	Klasifikace
7	2,07	0,06	0,003	10,30	0,50	nízký	7,60	3,67	vysoký	81,00	39,13	vysoký
5	2,09	0,05	0,002	8,30	0,40	nízký	11,00	5,26	velmi vysoký	166,00	7,94	zvýšený
3	2,13	0,00	0,00	2,60	0,12	nízký	9,40	4,41	vysoký	46,00	2,16	nízký

Tab. 8 V laboratoru zjištěné hodnoty zasolení zdiva

4.3.1.2.1 Stanovení obsahu dusičnanů

Metoda stanovení obsahu dusičnanů funguje na principu reakce iontů dusičnanů s derivátem kyseliny benzoové v koncentrované kyselině sírové. Produktem reakce je červeně zbarvená nitro sloučenina. Koncentrace této sloučeniny je stanovena fotometricky.

4.3.1.2.2 Stanovení obsahu síranů

Fotometricky se stanovuje hnědočervená sloučenina, která vzniká při oxidaci taninu ionty jodičnanu, které vznikají při reakci iontů síranů s jodičnanem barnatým.

4.3.1.2.3 Stanovení obsahu chloridů

Metoda pro stanovení obsahu chloridů je založena na principu reakce chloridových iontů s thiokyanátem rtuťnatým. Uvolněný thiokyanát reaguje s železitými ionty a vytváří červený thiokyanát železitý, který je stanoven fotometricky. Tato metoda je analogická s EPA 325.1 a US Standard Methods 4500-CTE.

4.3.1.2.4 Stanovení obsahu amoniaku

Amoniakální dusík se vyskytuje částečně ve formě amonných iontů a částečně jako amoniak. V silně alkalických roztocích je přítomen výhradně vždy jako amoniak, který reaguje s chlornany za vzniku monochloraminu. Ten dále reaguje s thymolem za vzniku modrého indofenolu, u něhož se fotometricky stanovuje koncentrace.

Tato metoda je analogická s EPA 350.1, APHA 4500-NH₃ D a ISO 7150/1.

4.3.2. Příčina výskytu solí

Transport solí v konstrukcích, případně i jejich vznik, je umožněn vlivem migrace vody v konstrukci. Po odpaření vody dochází k hromadění solí v různých částech konstrukce, nejčastěji v povrchových vrstvách. Na pohyb a hromadění solí má vliv mimo jiné také rozpustnost solí a pohyblivost jednotlivých iontů. Chloridy a dusičnany mají malé a pohyblivé ionty, proto se hromadí ve vyšších výškách než třeba sírany. [40] [35]

V rámci rozboru v laboratoři byl zjištěn poměrně vysoký obsah síranů ve zdivu. Nejčastější příčinou výskytu může být průmyslem znečištěné ovzduší. Další příčinou vyššího výskytu může být i přítomnost pyritonosných hlinitých břidlic v podloží kostela, neboť tyto břidlice obsahují pyrit, jehož oxidací se uvolňují sírany. [15]

Taktéž byl zjištěn vysoký obsah dusičnanů. Jednoznačnou příčinou jejich výskytu je přítomnost hrobů kolem kostela, neboť dusičnany se dostávají do půdy rozkladem tělesných ostatků.

Chloridy se vyskytují často v těch konstrukcích, které se nacházejí v místech, kde dochází k solení chodníků. V případě řešeného kostela se nachází převážně zatravněná plocha, tudíž ani nebyl předpokládán vyšší obsah chloridů, což bylo potvrzeno v laboratoři při testování vzorků omítky. Obsah chloridů byl zde stanoven jako nízký. Zdrojem tohoto malého množství může být výskyt chloridů v podpovrchové vodě, kam se dostaly z průmyslové výroby, případně také erozí hornin. [31]

4.4. Biologická degradace zdiva – plísně a řasy

4.4.1. Analýza v laboratoři

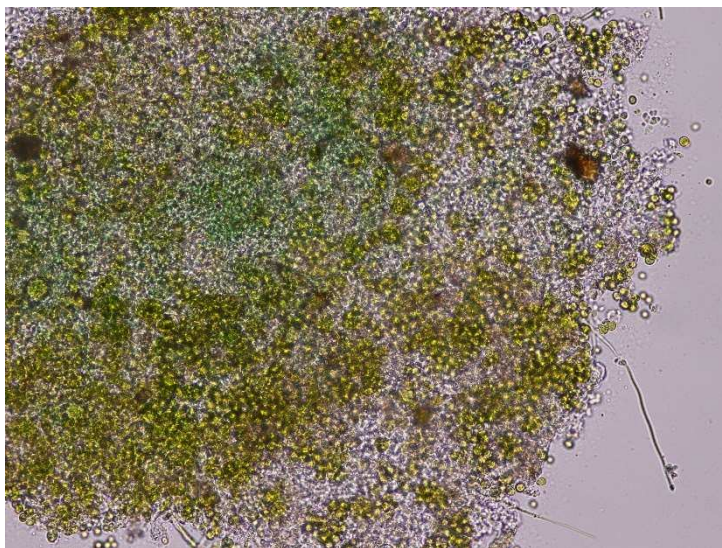
Z interiéru objektu byl odebrán vzorek omítky z místa viditelně nejvíce pokrytého řasami. Stejně tak byl odebrán vzorek z fasády objektu, kde bylo podezření na přítomnost plísní. Oba tyto vzorky byly přepraveny do Mikrobiologické laboratoře FSv ČVUT a následně dále zkoumány.



Obr. 56 Příprava roztoku dle Knoppa

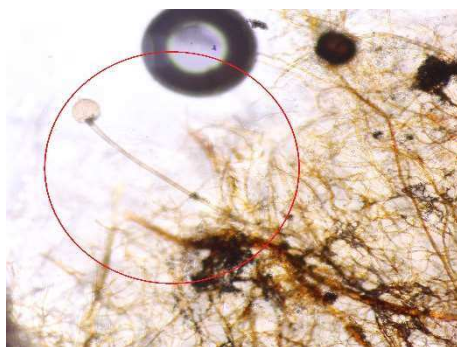
Při testování neznámé látky je obtížné odhadnout její předpokládané působení a vhodné zvolení koncentrační řady. Pro test na přítomnost řas byl použit pracovní minerální roztok dle Knoppa. Tento roztok je složen z destilované vody, dusičnanu draselného KNO_3 , hydrogenfosforečnanu draselného K_2HPO_4 , heptahydrátu síranu hořečnatého $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ a hexahydrátu chloridu železitého $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Do nádoby s roztokem byl vložen testovaný vzorek a nádoba byla následně umístěna do třepačky a zde ponechána po dobu 12 dní za přístupu světla a vzduchu. Po uplynutí této doby byl kousek vzorku z roztoku vyjmut a prozkoumán pod mikroskopem (viz Obr. 57).

Zde se skutečně potvrdila přítomnost řas. V laboratorních podmínkách však nebylo možné určit přesný druh, o který se jedná.



Obr. 57 Vzorek omítky s řasami pod mikroskopem. Řasy tvoří zelené kuličky.

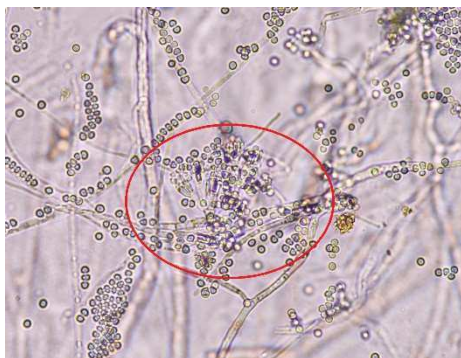
Plísně přítomné ve vzorku z fasády byly naočkovány na pevnou živnou půdu pro tento typ organismů. Tato půda je tvořena mořským agarem za přítomnosti živných složek. K agaru byl přidán pepton (výtažek z hovězího bujónu), kvasničný extrakt a následně voda. Vše bylo v průběhu vysterilizováno, neboť přítomnost cizích organismů není žádoucí. Živná půda byla umístěna do jednorázové sterilní Petriho misky a do ní pak následně zkoumaný vzorek. Po dobu 12 dní byla Petriho miska se vzorkem uložena v biologickém termostatu při stálých podmínkách a teplotě 25°C. Po uplynutí 12 dní byl vzorek z termostatu vyjmut (viz *Obr. 61*) a vytvořen preparát, který byl dále zkoumán pod mikroskopem. Zde byly detekovány 3 druhy plísní – mucor (*Obr. 58*), alternaria (*Obr. 59*) a penicillium (*Obr. 60*).



Obr. 58 Plíseň Mucor (vyznačena červeným kroužkem)



Obr. 59 Plíseň Alternaria



Obr. 60 Plíseň *Penicillium* (vyznačena červeným kroužkem)



Obr. 61 Naočkované plísně v Petriho misce po 12 dnech v biologickém termostatu

4.4.2. Příčina výskytu plísní a řas

Řasy ke svému růst potřebují dostatečnou vlhkost, minerální látky a světlo, na jehož přísun však nejsou příliš náročné. Řasy mohou vegetovat i při nízkém osvětlení a teplotě kolem 0°C. Dobře také snášejí tepelné výkyvy. Růst řas je zřejmý především v zimním období a na jaře. Jsou velmi agresivní vůči stavebnímu kameni. Produkují totiž metabolity, které mohou prorůst i do malých štěrbin, a při objemových změnách, ke kterým dochází změnou vlhkosti, mohou materiál narušit. [40]

Plísně detekované v laboratoři - *mucor*, *penicillium* a *alternaria* jsou jedny z velmi častých druhů plísní vyskytujících se jak na fasádách, tak i volně v ovzduší na území celé České republiky. [30][14] Zásadní roli pro růst plísní je vlhkost. Na objektu kostela bylo patrné, že jsou plísně více rozrostlé v oblastech štítových zdí u



Obr. 62 Štít na sakristii napaden plísněmi

střešní krytiny a dále pak na okenních parapetech a římsách. Všechny tato místa jsou nejvíce vystavená dešťovým srážkám, tudíž je zde trvale vyšší vlhkost. Na západní straně objektu bylo patrné, že je plíseň rozrostlá i po ploše fasády (viz Obr. 32). To je způsobeno tím, že povrch fasády není zcela rovný a zhruba uprostřed výšky je fasáda značně vypouklá, tudíž je tato plocha více vystavená dešťovým srážkám a je zde vyšší vlhkost, v důsledku čehož dochází k výraznějšímu výskytu plísní.



Obr. 63 Výskyt plísně v oblasti u zastřešení



Obr. 64 Výskyt plísně na parapetu

4.4.3. Popis detekovaných plísní

Alternaria

Na živné půdě vytváří po 7 dnech při teplotě 25°C kolonie velké zhruba 40-50 mm v průměru. Velké jsou obvykle 20-40 x 8-12 µm. Teplotní nároky pro růst jsou ideálně mezi 25 a 28 °C. Zabarvení je tmavě černoolivové, spodní strana bývá tmavě šedá až černá. Vyskytuje se ve velkém častu po celém světě, zejména na substrátech rostlinného původu a také v půdě. Může produkovat několik toxinů, mezi nimi např. toxický metabolit *Alternaria alternata* toxin. *Alternaria* se zařazuje mezi tzv. oportunní patogeny, což jsou patogeny, které za běžných okolností pro člověka nejsou nebezpečné, avšak u slabších jedinců se sníženou imunitou mohou vyvolat onemocnění, způsobuje např. kožní léze. [10][11]

Mucor

Mucor má velmi rostoucí kolonie, které po 7 dnech a teplotě 25°C prorůstají prakticky celou Petriho misku. Zabarvení je světle šedé. Může být vysoká 2-20 mm. Ideálně roste při teplotě 5-30°C, max. 37 °C. Má rozvětvené sporangiofory (což jsou hyfy – vlákna), které nesou kulovité výtrusnice (sporangia). Jedná se o celosvětově hojně rozšířenou houbu. Vyskytuje se na trusu býložravců a v půdách, také např. na skladovaných obilovinách. Neprodukuje žádné toxiny. [10][12]

Penicillium

Tato plíseň má modrozelené až žlutozelené zabarvení. Do média často produkuje žlutý pigment. Kolonie jsou poměrně rychle rostoucí – po 7 dnech při 25°C dosahují v průměru zhruba 30-45 mm. Optimální teplota pro růst je kolem 23°C. Stejně jako již zmíněné plísně se vyskytuje hojně po celém světě. Kontaminuje potraviny rostlinného i

živočišného původu. Často se vyskytuje i na stěnách. U člověka může způsobovat mykózy. [10][13]

4.5. Degradace krovu

4.5.1. Měření vlhkosti dřeva

Vlhkost dřeva je dána množstvím vody obsaženým v dřevě. Do zhruba 30% vlhkosti je voda ve dřevě vázaná hygroscopicky. [36] V rámci stavebně technického průzkumu byl k rychlému orientačnímu zjištění vlhkosti dřeva krovu použit odporový vlhkoměr GMH3810. Odporové vlhkoměry využívají k určení vlhkosti dřeva změnu měrného odporu dřevní hmoty jako důsledku změny její vlhkosti. [36] Měření proběhlo na šesti místech. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v Tab. 9. Místa měření jsou uvedena výkrese č. 14.



Obr. 65 Odporový vlhkoměr GMH3810



Obr. 66 Měření vlhkosti dřeva pomocí odporového vlhkoměru

Místo měření		Naměřená hodnota vlhkosti [%]
K1	střední vaznice	17,1
K2	střední vaznice	15,8
K3	vazný trám - zhlaví	15,4
K4	vazný trám - zhlaví	16,9
K5	pozednice	14,5
K6	krátče	15,8

Tab. 9 Naměřené hodnoty vlhkosti pomocí odporového vlhkoměru

4.5.2. Analýza vzorků v laboratoři

Z krovu byly odebrány dva vzorky, které byly následně přepraveny k prozkoumání do Mikrobiologické laboratoře FSv ČVUT. Jeden místa z místa

poškození zhlaví vazného trámu nad presbytářem (vzorek V2), druhý z mezilehlé vaznice nad hlavní lodí (vzorek V1). Místa odebrání vzorků jsou uvedena taktéž na výkrese č. 14.

V rámci zkoumání vzorků bylo v laboratoři jednoznačně potvrzeno napadení dřeva dřevokazným hmyzem – konkrétně tesaříkem a červotočem. Zároveň byla vzhledem ke struktuře a křehkosti dřeva detekována přítomnost dřevokazné houby, avšak v laboratorních podmínkách nebylo možné určit přesný druh.



Obr. 67 Dřevo napadené tesaříkem. Vzorek odebraný z mezilehlé vaznice (vzorek V1)



Obr. 68 Dřevo napadené tesaříkem. Vzorek odebraný ze zhlaví trámu (vzorek V2)

4.5.3. Příčiny výskytu dřevokazných hub a hmyzu

K napadení dřeva biologickými škůdci je potřeba přítomnost kyslíku, tepla, výživného substrátu a zejména dostatečné vlhkosti dřeva. Kyslík je přítomen volně v ovzduší, teplota je v našich klimatických podmínkách vyhovující a jako výživný substrát slouží samotné dřevo. Obecně platí, že dřevo s vlhkostí nad 10 % může být napadeno dřevokazným hmyzem, pod 10 % vlhkosti je dřevo přirozeně chráněno. Optimální vlhkost pro výskyt je 12-18%. Taktéž platí, že dřevo napadené dřevokazným hmyzem bývá velmi často vhodným substrátem pro rozvoj dřevokazných hub. [36][43] Vlhkosti pro život škůdců je v prostoru krovu řešeného objektu dostatek, neboť v části, kde není střešní krytina zrekonstruována (v oblasti nad kruchtou a nad hlavní a vedlejší lodí), dochází skrze ní k zatékání přímo na dřevěné prvky.

Tesařík a červotoč patří k nejčastěji se vyskytujícím škůdcům v našich klimatických podmínkách. Dřevokazný hmyz je škodlivý zejména ve stádiu larvy. Tyto larvy vyžirají ve dřevě chodbičky, které jsou pak vyplněny velmi jemnými pilinami. Stádium larvy trvá několik let. Oproti tomu dospělý brouk žije jen několik týdnů. Dospělý jedinec tesaříka je velký 7-22 mm (záleží na pohlaví brouka) a velmi dobře létá, snadno tak napadá i dřevo v okolí. K rojení tesaříka dochází v období mezi květnem a srpnem. Výletové otvory ve dřevě vytváří o oválném tvaru a délce 4 – 7 mm. Dospělý jedinec

červotoče je oproti tesaříkovi mnohem menší, dosahuje délky 3-4 mm. Navíc dospělí jedinci červotoče se ne příliš dobře pohybují, tudíž nové generace zakládají ve stejném dřevě. Výletové otvory tvoří červotoč o průměru 1-2 mm a mají kulatý tvar. Rojí se v období května a června. [36]

Dřevokazné houby ke svému životu potřebují vlhkost vyšší než dřevokazný hmyz, ideálně v rozmezí 30-40 %. Příčinou výskytu je kromě zvýšené vlhkosti taktéž použití nevhodného dřeva nebo dřeva o vyšší vlhkosti, taktéž také absence dostatečné biocidní ochrany dřeva. [36][43]

4.6. Trhliny v konstrukcích

4.6.1. Příčina vzniku trhlin

Trhliny trámového stropu

Ke vzniku trhlin na trámovém stropě došlo pravděpodobně přetížením podbití stropu. Jak již bylo zmíněno v kap. 3.1.5., je z podkrovní patrné, že jsou vazné trámy částečně zasypané sutí, živočišnými zbytky apod. Toto vše působí zatížení na podbití, které na žádný násyp nebylo dimenzováno, proto zde dochází k projevům poruch. Dalším negativním vlivem na pevnost podbití a celistvost omítek je pronikání vody skrze střešní krytinu do stropní konstrukce a dále pak do omítky.

Trhliny ve zdi mezi presbytářem a hlavní lodí

Příčinou vzniku tahových trhlin v nadpraží otvoru může být několik. Jednou z nich je změna tvaru základové spáry, tedy nerovnoměrným poklesem podpor. Tato deformace může být zapříčiněna např. nevhodným geologickým podložím nebo nedostatečnou tuhostí základových konstrukcí. O tom, že dochází k pohybům zeminy v podloží, svědčí i fakt, že na několika místech, zejména v prostoru vedlejší lodě, dochází k propadání podlahy. Další příčinou vzniku trhlin může být vodorovný posun podpor v důsledku působení vodorovné složky síly v patě žebrové křížové klenby nacházející se v prostoru presbytáře.

Trhlina ve zdi mezi hlavní a boční lodí

Nejpravděpodobnější příčinou poruchy v této stěně je taktéž sedání základové konstrukce, zejména pod pilířem mezi otvory. Namáhání této konstrukce je navíc umocněno tím, že dva velké otvory, které se ve stěně nacházejí, byly proraženy dodatečně a pravděpodobně nad nimi nebyl proveden překlad.

Trhlina nad gotickým oknem v boční lodi

Gotické okno není v boční lodi původní, rám zde byl dodatečně osazen. Stěna je tvořena z lomového kamene, avšak v nadpraží otvoru bylo v místě opadané omítky patrné, že se kolem otvoru nachází jiný materiál – cihelné zdivo. S jeho použitím bylo vyzděno ostění a nadpraží nově vzniklého otvoru. A vzhledem k odlišným vlastnostem těchto dvou materiálů (jako je např. tepelná roztažnost), vlivem vlhkosti a dotvarování, vznikla v důsledku namáhání na jejich rozhraní smyková trhlina.

Trhliny ve zdi v presbytáři

Trhliny ve zdivu v presbytáři vznikly v důsledku nevhodného kotvení ocelových táhel zajišťujících stabilitu oltáře.

5. NÁVRH SANAČNÍCH OPATŘENÍ

5.1. SANACE KROVU NAPADENÉHO DŘEVOKAZNÝM HMYZEM A HOUBAMI

V této bakalářské práci je uveden pouze návrh sanačního opatření krovu proti dřevokazným houbám a hmyzu. V případě provádění rekonstrukce by bylo nutno provést plnohodnotný průzkum prvků krovu, určit tak ložisko napadení, jeho přesný rozsah a navrhnout detailní provedení sanace.

Neboť dřevokazným houbám a hmyzu se daří ve vlhčím prostředí, je nutné v první řadě odstranit zdroj zvýšené vlhkosti v podkroví. Do krovu kostela sv. Jiljí se do prostoru krovu dostává dešťová voda skrze nevhodně provedenou střešní krytinu, která je zároveň poškozena několika prorůstajícími rostlinami. Konkrétně se jedná o část nad hlavní a vedlejší lodí. V případě rekonstrukce je nutno provést její opravu a zamezit tak zatékání dešťové vody pod střešní krytinu.

U dřeva napadeného dřevokaznými houbami - hnilobou je nutná konzultace s mykologem s cílem určit přesný druh, o který se jedná, neboť to má zásadní vliv na následná sanační opatření. V rámci laboratorní analýzy vzorků odebraných z porušených prvků krovu kostel sv. Jiljí nebylo možné určit druh houby, proto zde budou uvedeny pouze všeobecné zásady pro opravu houbami poškozených prvků. Po zjištění ložiska napadení a rozsahu poškození prvků se poškozené dřevo odřeže až na zdravou část a nahradí novým dřevem. Je třeba, aby jak nové, tak i staré dřevo bylo chráněno proti

dalšímu rozvoji dřevokazného hmyzu. Z tohoto důvodu se odborně aplikuje chemický nátěr nového a okolního dřeva fungicidy v adekvátním množství. Výběr prostředku je nutno provést mimo jiné také dle tříd ohrožení dřeva. Dřevo krovu kostela spadá do třídy 2-3. [39]. Jako ochranný nátěr může být použit např. Bochemit QB. Jeho technický list [23] je přiložen v příloze této práce.

V rámci bakalářské práce byl proveden schématický návrh protézování vazného trámu v oblasti jeho zhlaví a dále pak mezilehlé vaznice. A protože jsou prvky již značně porušené, bude nutno odstranit i zhruba 0,5 m přilehlého dřeva na obě strany v případě vaznice, u vazného trámu půjde pouze o jednostranné půlmetrové rozšíření, neboť je zcela nahrazováno zhlaví trámu. Schématické návrhy jsou uvedeny na výkresech č. 21 a č. 22. Při provádění protézování prvků je nutné během výměny krov dočasně zajistit. Při výměně části mezilehlé vaznice, jejíž část probíhá plnou vazbou, je nutné plnou vazbu nejprve podepřít, následně uvolnit a pak provést výměnu prvku. Při protézování zhlaví vazného trámu (který se však nachází mimo plnou vazbu), bude nutné nejprve demontovat část střešní krytiny, vysunout krokev z čepu a následně pak krokev a okolní konstrukce zajistit. Vzhledem k tomu, že je kostel památkově chráněn, je žádoucí, aby sanace byla co nejméně viditelná, to znamená, že by při náhradě části dřevěného prvku bude použito dřevo stejného profilu jako je poškozený prvek. Zároveň bude povrch nového dřeva upraven tak, aby co nejvíce splynul se starším dřevem.

U dřevokazného hmyzu je stejně jako u dřevokazných hub nutno určit přesný rozsah porušení. Likvidace hmyzu může být provedena průhlednými nátěry na bázi insekticidů, přičemž nátěr se několikrát zopakuje, aby se účinná látka dostala do celého dřevěného prvku. Další variantou likvidace tesaříka je hloubková injektáž dřeva, při níž dochází k napouštění dřeva skrze navrtané otvory insekticidním prostředkem zevnitř pod tlakem 40-100 atm. [17] Lze však ale předpokládat, že tato metoda nebude památkovými orgány schválena, neboť při této metodě dochází k viditelnému zásahu do dřevěných prvků. Sanaci lze provést také termosancí krovu, během které je do prostoru krovu vháněn horký vzduch o teplotě kolem 90-100 °C. Cílem je zahřátí dřeva až do jeho středu na teplotu 55 °C, což je teplota, při které dojde k likvidaci hmyzu. [19] Nevýhodou této metody je však fakt, že dochází k vysoušení dřeva a je zde tudíž nebezpečí vzniku trhlin. [39]

Po likvidaci hmyzu je nutná preventivní ochrana dřeva. K tomu se může taktéž použít např. přípravek Bochemit QB.

Je nutno, aby celá koncepce opravy krovu byla konzultována s Národním památkovým ústavem a na základě jeho stanoviska pak byla následně vybrána nejvhodnější sanační opatření.

5.2. SANACE ZVÝŠENÉ VLHKOSTI

Řešení zvýšené vlhkosti kostela sv. Jiljí je problematické, neboť je objekt památkově chráněn, což značně omezuje použití sanačních opatření jako jsou např. infuzní clony. Dalším problémem je fakt, že se několik hrobů nachází těsně u fasády kostela, tudíž nelze použít ani drenáž či vnější vzduchové kanály kolem kostela. Realizovatelným sanačním opatřením je provedení vzduchové mezery v podlaze vytvořenou pomocí speciálních tvarovek.

5.2.1. Podlahová vzduchová dutina

Principem podlahových vzduchových dutin je oddělení konstrukce podlahy od země přes vzduchovou mezeru, ve které dochází k cirkulaci vzduchu za pomoci nasávacích a odsávacích otvorů a v důsledku toho pak k odvodu vlhkosti mimo objekt. Aby byla zajištěna maximální možná funkčnost systému, navrhuji osazení ventilátorů na vyústění nasávacích otvorů.

Při provádění podlahových vzduchových dutin bude nejprve rozebrána stávající podlaha, která bude následně po realizaci vzduchových dutin opět navracena, a to i do stejné výškové úrovně, aby byla zachována stávající světlá výška místnosti.

Podlahové dutiny jsou tvořeny speciálními tvarovkami, které fungují na principu ztraceného bednění a které se ukládají na podkladní vrstvu tvořenou z betonové vrstvy či zhutněného štěrkopískového podsypu. V rámci návrhu sanace byl zvolen štěrkopískový podsyp. Na podkladní vrstvu se vyskládají tvarovky, které se následně zalijí betonovou zálivkou, na kterou se následně znovu seskládá původní podlaha. Je potřeba zajistit, aby vzdálenost mezi spodní povrchem vzduchové dutiny a úrovní základové spáry byla minimálně 800 mm. [35]

Tvarovky mohou být použity např. od firmy Gabex – tvarovky IGLÚ. Jedná se o tvarovky z recyklovaného plastu, které se jsou za sebou kladeny tak, aby zapadaly do svých zámků. Dořezávání tvarovek u stěn je možné. Jejich technický list [21] je uveden v příloze této práce.

Optimální rozmístění nasávacích a výdechových otvorů je na protilehlých stěnách. V kostele jsou navrženy na západ a východ. Ideální umístění je směrem na sever a jih [35], avšak to není vzhledem k dispozici kostela realizovatelné.

Schéma rozmístění tvarovek a nasávacích a výdechových otvorů a detailu podlahy jsou uvedeny na výkresech č. 15 a 16.

V případě provádění provětrávané podlahy je nutno nadimenzovat velikost a osovou vzdálenost nasávacích a výdechových otvorů a na základě jejich rozměru pak výšku dutiny. Především je nutno zajistit, aby nedocházelo ke kondenzaci vodní páry uvnitř mezery. [35]

5.2.2. Doplnková opatření

5.2.2.1. Dešťové svody

Jak už bylo zmíněno v rámci stavebně technického průzkumu, jsou dešťové svody řešeného objektu nevhodně umístěny a zaústěny volně nad terén, čímž dochází k dotaci již zvýšené vlhkosti zdiva. V rámci provádění rekonstrukce kostela je nutno provést rekonstrukci žlabů a dešťových svodů. Dešťové svody budou přes gajgry napojeny do nově provedené dešťové kanalizace, jejíž trasování je nutno podřídit umístění hrobů. Kvůli vzniku nově vzniklé dešťové kanalizaci je nutno upravit rozmístění dešťových svodů. Kostel sv. Jiljí se nachází na odlehlém místě na kraji města a není zde v blízkosti proveden dešťový kanalizační řad, do kterého by bylo možno dešťovou kanalizaci napojit, je pouze možné odpad z dešťové kanalizace nechat vsáknout do země na pozemku. Toto navrhuji provést pomocí vsakovací jímky, skrze níž se dešťová voda profiltruje a následně vsákne do země. Vsakovací jímka bude umístěna v dostatečné vzdálenosti od kostela, aby nedocházelo k dotaci vlhkosti objektu.

5.2.2.2. Odstříkující voda

Obvodové konstrukce objektu jsou vlhkostně namáhány taktéž od odstříkující vody v soklové oblasti. I zde přítomnost hrobů v těsné blízkosti fasády nebo přímo na ní značně omezuje sanační možnosti. Jednou z možných sanací je provedení nátěru v soklové oblasti, který by měl hydrofóbní účinek, avšak by byl difuzně propustný, aby se vodní pára ze zdiva mohla do exteriéru volně uvolňovat. Nátěr je vhodno aplikovat do výšky 500-600 mm.

5.3. SANACE SALINITY ZDIVA

Vzhledem k tomu, že transportním médiem pro vodorozpustné soli je právě voda, je v první řadě zapotřebí snížit vlhkost zdiva, neboť tím dojde ke snížení dalšího zasolování zdiva. Sanace zvýšené vlhkosti zdiva je řešena v kap. 5.2.

Kompletní odstranění solí ze zdiva je téměř nemožné, lze však jejich množství snížit. Pro snížení obsahu solí ve zdivu bude použita sanační omítka WTA. Vzhledem k tomu, že obsah solí byl laboratorně stanoven jako vysoký, budou v případě použití této sanační metody aplikovány na podhoz dvě vrstvy sanační omítky, alternativně bude aplikována na podhoz porézní podkladní omítka a jedna vrstva sanační omítky. [35] [25] Použito mohou být např. systémové řešení Cemix. Technické listy sanační omítky WTA [27], podhozu WTA [26] a podkladní omítky WTA [24] jsou uvedeny v příloze této práce. Aplikace sanační omítky slouží zároveň jako doplňkové opatření proti zvýšené vlhkosti.

Sanační omítka bude v interiéru kostela aplikována do výšky cca 1,0 m nad viditelnou hranu vysychací zóny, tedy do výšky 2,3-2,5 m. V exteriéru je viditelná hranice vysychací zóny ve výšce zhruba 0,5 m, avšak vzhledem k tomu, že je fasáda poměrně nová, lze předpokládat, že hranice vysychací zóny je ve vyšší výšce a zatím jen pouze nedošlo k viditelnému projevení. Z tohoto důvodu bude v exteriéru sanační omítka taktéž aplikována do výšky 2,3 -2,5 m. Schémata aplikace sanační omítky a hydrofóbního nátěru na fasádě objektu jsou uvedeny na výkresech č. 17-20.

Alternativně je možné ke snížení salinity zdiva použít např. kompresní (obětovanou) omítku Remmers Entsalzungskompresse. Její technický list [32] je uveden v příloze této práce. Tato omítka se ponechá na zdivu po dobu několika měsíců, poté se odstraní. Následně se provede opětovná analýza obsahu solí ve zdivu a případně se celý proces aplikuje znovu, v jiném případě dojde k očištění zdiva a aplikaci omítky. [35][32]

5.4. SANACE BIOLOGICKÉHO NAPADENÍ ZDIVA – ŘASY, MECHY, PLÍSNĚ

Po snížení vlhkosti zdiva dojde i ke snížení výskytu řas a plísní, neboť tyto organismy tak ztratí významný parametr pro svou vegetaci. Již poškozená místa zdiva a podlahy bude nutno od organických zbytků mechanicky očistit.

5.5. SANACE PORUCHY VE ZDI MEZI HLAVNÍ LODÍ A PRESBYTÁŘEM

5.5.1. Pomocí helikální výztuže

Tato metoda spočívá v dodatečném vyztužení konstrukce vlepením antikorozi ocelové výztuže do kombinace drážek a vrtů ve zdivu.

Helikální výztuž se aplikuje následovně – nejprve se vyfrézuje drážka pomocí diamantového kotouče. Pro průměr výztuže 6 mm je vhodná šířka drážky 10 mm. Vytvořená drážka bude vyčištěna od prachu a nečistot, aby byla zajištěna přilnavost následně nanášeného tmelu. Tam, kde končí drážka, bude proveden vrt pomocí elektrické příklepové vrtačky, pro dva pruty o průměru 6 mm je vhodný průměr vrtu 14 mm. Tento vrt musí být taktéž očištěn a vyfoukán. Ještě před vložením tmelu budou drážka i vrt navlhčeny a napetrovány. Poté dojde k aplikaci kotevní malty. Ta bude v místě drážky nanášena aplikační pistolí na její zadní stranu ve spojitě vrstvě o šířce 8-10 mm. Vrt se vyplní celou kotevní maltou. Následně se vytvarovaný prut zatlačí do malty v drážce tak, aby byl ze zadní strany obalen, zároveň bude výztuž zasouvána do vrtu. Následně se nanese druhá spojitá vrstva malty. Poté dojde k vložení dalšího výztužného profilu a opět k nanesení kotevní malty, která se nanese až k okraji drážky v rovině stávající konstrukce.

Výhodou této metody je to, že dochází k malému zásahu do konstrukce – drážky jsou malé. Další výhodou je fakt, že helikální výztuž je dobře tvarovatelná, takže se dá na místě při aplikaci vytvarovat do požadované podoby. Díky vysokopevnostní polymercementové hmotě, je zajištěna vysoká soudržnost se stávající konstrukcí. Hmotu je plastická a nestéká, což umožňuje její nanášení i svisle vzhůru (zde konkrétně v lici zaklenutí otvoru). Zároveň je také zajištěna dostatečná soudržnost výztuže a malty, neboť výztuž má šroubovicovitý profil. [29][28] Technické listy helikální výztuže [34] a kotevní

malty [33] jsou uvedeny v příloze této práce. Schématický návrh provádění sanace pomocí helikální výztuže je uveden na výkresu č. 23.

5.5.2. Pomocí ocelového táhla

Alternativní sanace poruchy spočívá ve stažení zdi táhlem v úrovni paty klenby, jejíž působící šikmé síly jsou pravděpodobně jednou z příčin vzniku poruchy stěny.

Nejprve se provedou do obou stěn dva vrty. Je nutno je důkladně vyčistit. Do nich bude aplikována cementová malta. Do malty se vloží kotevní tyče. Následně se osadí do cementové malty kotevní deska. Poté se na táhlo osadí trubka, která se přivaří ke kotevní desce. Pak dojde k přivaření klenbového táhla k trubce nejprve na jedné a pak na druhé straně.

V případě provádění rekonstrukce bude nutno veškeré rozměry a materiály dimenzovat dle statického výpočtu. Schéma návrhu sanace včetně empiricky navržených rozměrů prvků je uvedeno na výkrese č. 24.

5.6. SANACE PORUCHY VE ZDI MEZI HLAVNÍ A VEDLEJŠÍ LODÍ

Příčinou vzniku poruchy v této části kostela je s největší pravděpodobností pohyb v podloží nebo nevyhovující provedení základů. K návrhu přesného sanačního opatření bude možné přistoupit až po přesné analýze příčiny poruchy, ověřením geotechnických podmínek a posouzení stavu základové konstrukce.

Obecně ale platí, že v rámci sanace této poruchy dojde ke zpevnění základové konstrukce a základové půdy. Jednou z možností je provedení rozšíření základu a zvýšit tak jeho únosnost. Pokud však dochází k sedání v podloží, není tato forma sanace vhodná.

Sanování základu je možno provést také lokálně podchycením základu formou tryskové injektáže. Tato metoda je vhodná pro všechny typy hornin včetně těch zvětralých. Při této metodě je za vysokého tlaku z trysek čerpána cementová směs, jejíž paprsky prořezávají zeminu a vytváří tak vrt, přičemž dochází ke smíšení cementové směsi s rozpojovanou zeminou. Provedené vrty jsou o průměru 500-800 mm. [40]

5.7. SANACE TRHLIN OBECNĚ

Trhliny většího rozsahu budou sanovány pomocí helikální výztuže, jejíž metoda byla popsána v kapitole 5.5.1.

Ostatní trhliny budou sanovány tak, že se nejprve pročistí spára, dále se trhlina případně vyklínkuje a doplní se malta. Malta bude vpravena zaš'oucháním nebo s pomocí nízkotlaké injektáže. Vlasové trhliny budou překryty perlinkovou bandáží kotvenou k podkladu vápenocementovým postřikem.

6. ZÁVĚR

Cílem této práce bylo provedení zjednodušeného stavebně technického průzkumu kostela sv. Jiljí ve Švihově a návrhu sanačních opatření, která by byla co nejvíce v souladu s památkovou péčí vzhledem k tomu, že je kostel společně s přilehlým hřbitovem od konce 50. let 20. století zařazen v seznamu kulturních památek.

V rámci stavebně technického průzkumu bylo zjištěno několik poruch. Mezi ty nejzávažnější patří poruchy související se zvýšenou vlhkostí a poruchy statické. V rámci průzkumu problematiky zvýšené vlhkosti bylo provedeno měření in-situ kapacitním vlhkoměrem, pomocí něhož byla na 30 místech ve 3 výškových úrovních změřena hodnota vlhkosti zdiva. Hodnoty získané kapacitním vlhkoměrem byly zaklasifikovány dle ČSN P 73 0610. Na většině míst byla naměřena vlhkost vysoká, mezi 8-10 %. Na několika dalších místech byla naměřena vlhkost nad 10 %, tedy velmi vysoká. Pro validaci hodnot vlhkosti získaných kapacitním vlhkoměrem byla provedena laboratorní analýza v Mikrobiologické laboratoři FSv ČVUT. Z interiéru v objektu bylo odebráno 7 vzorků omítky, které byly ten samý den převezeny do laboratoře. Zde pak byla vlhkost zdiva stanovena gravimetrickou metodou. Touto metodou se potvrdily výsledky získané kapacitním vlhkoměrem. Rozdíl hodnot byl +/- 2-3 %. Dominantní příčiny vysoké vlhkosti zdiva jsou zejména voda vztlínající z podzákladí a okolní zeminy a dále pak nevhodné umístění zaústění dešťových svodů v soklové oblasti zdiva těsně nad terénem. V laboratoři byl taktéž na vzorcích proveden průzkum výskytu solí – chloridů, dusičnanů, síranů a amoniaku. Stanovení výskytu a obsahu solí bylo nejprve stanoveno kvalitativně pomocí indikačních papírků a následně kvantitativně pomocí fotometrického přístroje. Touto metodou bylo zjištěn nízký obsah chloridů, vysoký obsah dusičnanů a zvýšený obsah síranů. Zdrojem dusičnanů je jednoznačně přilehlý hřbitov kostela, zdrojem síranů může být buďto znečištěné ovzduší a nebo horninové podloží.

Problematika zvýšené vlhkosti je umocněna přítomností biologických činitelů. V interiéru objektu byla zjištěna na několika místech zdiva a podlahy přítomnost řas a mechů. V exteriéru pak plísni vyskytujících se na fasádě. Vzorky odebrané z těchto míst byly taktéž zkoumány v laboratoři, kde přítomnost těchto organismů byla potvrzena.

Poruchy se vyskytují taktéž v prostoru krovu. V rámci stavebně technického průzkumu bylo detekováno a v laboratoři na odebraných vzorcích z poškozených míst potvrzeno napadení dřeva dřevokazným hmyzem, konkrétně červotočem a tesaříkem, a

dřevokaznou houbou. Příčinou výskytu těchto organismů je vlhkost vhodná pro život těchto organismů a pravděpodobně taktéž použití nevhodného dřeva.

Vážnou poruchou kostela jsou statické trhliny. Ve zdi mezi presbytářem a hlavní lodí se nachází trhliny v oblasti kolem zaklenutí otvoru. Příčinou této poruchy je pravděpodobně kombinace vlivu pohybu základové spáry a zároveň působení síly v patě křížové klenby nacházející se v presbyteriu. Další viditelně staticky narušené místo je mezi hlavní a vedlejší lodí. Zde se nachází parabolicky vytvarovaná trhlinka přes celou délku zdi. Navíc bylo zjištěno výrazně porušené zhlaví středového pilíře mezi otvory, které se v této stěně nachází. Příčinou této poruchy je s největší pravděpodobností taktéž pohyb základové spáry. V rámci stavebně technického průzkumu nebylo možno změřit šířku trhlín, neboť se trhliny vyskytují na hůře dostupných místech.

V poslední části práce byla navržena sanační opatření zjištěných poruch. Vzhledem k památkovým orgánům je náročné najít řešení, které by bylo v souladu jak ze strany stavebně technické, tak i památkové péče, která má rozhodující vliv. Sanace zvýšené vlhkosti byla navržena formou provětrávané vzduchové dutiny v podlaze v kombinaci s doplňkovými sanačními opatřeními. Prvním z nich je rekonstrukce dešťových svodů a provedení dešťové kanalizace se vsakovací jímkou v dostatečné vzdálenosti od objektu kostela. Dalším opatřením je aplikace sanační omítky, která slouží taktéž ke snížení obsahu solí ve zdivu. K sanační omítce byl doplňkově navržen hydrofóbní nátěr sloužící jako ochrana proti odstříkující vodě.

Před prováděním rekonstrukce krovu bude nejprve nutné stanovit přesný rozsah napadení a na základě něho pak určit vhodná sanační opatření. V rámci bakalářské práce byla zmíněna sanace metodou termosanace a injektáže dřeva. Jako sanace výrazně narušených dřevěných prvků bylo navrženo nahrazení části prvků protézováním.

K sanaci statické trhliny ve zdivu mezi hlavní lodí a presbytářem byly navrženy dvě varianty. První z nich spočívá v aplikaci helikální výztuže v oblasti nad zaklenutím otvoru a v lící zaklenutí. Alternativně byla navržena sanace ocelovým táhlem ve zdivu umístěným v místě paty křížové klenby, avšak lze předpokládat, že toto řešení bude kvůli neestetickému vzhledu ze strany památkových orgánů negativně přijato.

K sanaci příčiny poruchy stěny mezi hlavní a vedlejší lodí lze přistoupit až po geotechnickém průzkumu základových konstrukcí. Vzhledem k tomu, že jako nejpravděpodobnější příčina poruchy je nedostatečná únosnost základové zeminy či

nevhodná základová konstrukce, byla v rámci bakalářské práce uvedena sanace formou tryskové injektáže, v rámci které dojde ke zpevnění jak základu, tak i přilehlé zeminy.

V případě provádění rekonstrukce kostela je nezbytně nutné všechna sanační opatření konzultovat a podřídit NPÚ.

7. POUŽITÝ SOFTWARE

Studentská verze AutoCAD 2018

Microsoft 365 ProPlus Excel

Microsoft 365 ProPlus Word

8. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ÚOP	územní odborné pracoviště
NPÚ	Národní památkový ústav
ČSN	Česká státní norma
EN	Evropská norma
FSv	Fakulta stavební
ČVUT	České vysoké učení technické
apod.	a podobně
např.	například
in-situ	na místě
cca	cirka, přibližně
tzv.	takzvaný, takzvaně
popř.	popřípadě

9. SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ A TABULEK

Obr. 1	Letecký snímek města Švihov u Klatov s umístěním kostela sv. Jiljí [4].....	10
Obr. 2	Katastrální mapa města Švihova u Klatov s umístěním kostela sv. Jiljí [3].	10
Obr. 3	Zeměpisná mapa města Švihova u Klatov s uvedenými nadmořskými výškami [5].....	11
Obr. 4	Pohled severovýchodní	11
Obr. 5	Pohled západní	12
Obr. 6	Pohled severozápadní.....	12
Obr. 7	Pohled jihovýchodní	12
Obr. 8	Pohled jižní	12
Obr. 9	Historický původ částí kostela	13
Obr. 10	Zaměrování kostela laserovým dálkoměrem	14
Obr. 11	Výsek z Geologické mapy České geologické služby. Poloha kostela sv. Jiljí je vyznačena červenou šipkou. [7].....	15

Obr. 12	Rozmístění vrtů ve městě Švihov [8].....	15
Obr. 13	Lomové a cihelné zdivo ve štítové stěně (východní stěna presbytáře).....	16
Obr. 14	Kamenné zdivo stěny mezi hlavní a vedlejší lodí.....	16
Obr. 15	Uložení stropního trámu na obvodovou zeď. Přerušení pozednice v místě uložení trámu.....	17
Obr. 16	Trámový strop s rákosovou omítkou	17
Obr. 17	Sut' na rubu valené klenby boční lodi	17
Obr. 18	Žebrová křížová klenba nad presbytářem.....	17
Obr. 19	Zděné schodiště vedoucí na kruchtu	18
Obr. 20	Dřevěný žebřík umožňující přístup na krov.....	18
Obr. 21	Kamenné schody na severní straně vedoucí ke vstupu na kruchtu.....	18
Obr. 22	Uložení pozednic do štítové zdi.....	19
Obr. 23	Přichycení námětku k vaznému trámu pomocí tzv. kramle.....	19
Obr. 24	Začepování krokve do pozednice.....	20
Obr. 25	Pohled do konstrukce sanktusníku.....	20
Obr. 26	Propadlá podlaha v boční lodi před oltářem	20
Obr. 27	Pozůstatek gotického okna.....	21
Obr. 28	Původní románské okno.....	21
Obr. 29	Provlhlé zdivo	22
Obr. 30	Stopy po zatékání do stropní konstrukce	22
Obr. 31	Výskyt řas na zdivu.....	223
Obr. 32	Výskyt plísně na fasádě objektu	223
Obr. 33	Zvýrazněné trhliny v zaklenuť otvoru ve zdi mezi presbytářem a hlavní lodí	23
Obr. 34	Trhlina mezi hlavní a vedlejší lodí (pohled z hlavní lodi). Trhliny jsou černě zvýrazněny..	243
Obr. 35	Trhlina mezi hlavní a vedlejší lodí (pohled z vedlejší lodi). Patrné porušení zhlaví pilíře. Trhliny jsou černě zvýrazněny.....	243
Obr. 36	Trhliny v nadpraží otvoru od kotvení oltáře pomocí ocelových táhel.....	24
Obr. 37	Trhlina nad oknem v boční lodi. Je černě zvýrazněna.....	24
Obr. 38	Trhlina nad oknem v boční lodi. Je černě zvýrazněna.....	24
Obr. 39	Trhliny trámového stropu nad hlavní lodí v části u presbytáře	24
Obr. 40	Trhliny trámového stropu nad hlavní lodí v části u vedlejší lodě.....	25

Obr. 41	Poškozená mezilehlá vaznice vlivem vlhkosti a biologických činitelů.	245
Obr. 42	Prohnilý vazný trám v místě začepování krokve	25
Obr. 43 a 44	Sloupek věže sanktusníku napadený tesaříkem a červotočem.	25
Obr. 45	Sesychací trhlina na středovém nosníku podpírajícím spodní hambalek	26
Obr. 46	Kapacitní vlhkoměr Greisinger electronic GMK100 (vpravo) a Greisinger electronic vlhkoměr + teploměr GFTH95 (vlevo)	26
Obr. 47	Příprava vzorků pro gravimetrickou metodu	29
Obr. 48	Vzorky v sušící peci	29
Obr. 49	Zvýšená vlhkost zdiva v soklové oblasti od tajícího sněhu.	30
Obr. 50	Umístění dešťového svodu	31
Obr. 51	Příprava vzorků v ultrazvuku	31
Obr. 52	Určování pH vzorku kvalitativní metodou	32
Obr. 53	Barevná škála na obalu pro indikační papírky k předběžnému stanovení obsahu dusičnanů.	32
Obr. 54	Testované vzorky a zabarvené indikační papírky při předběžném stanovení obsahu dusičnanů.	32
Obr. 55	Fotometrický přístroj Spectroquant Pharo300, MERCK	33
Obr. 56	Příprava roztoku dle Knoppa	35
Obr. 57	Vzorek omítky s řasami pod mikroskopem. Řasy tvoří zelené kuličky.	36
Obr. 58	Plíseň Mucor (vyznačena červeným kroužkem)	36
Obr. 59	Plíseň Alternaria	36
Obr. 60	Plíseň Penicillium (vyznačena červeným kroužkem)	37
Obr. 61	Naočkované plísně v Petriho misce po 12 dnech v biologickém termostatu.	37
Obr. 62	Štít na sakristii napaden plísněmi	37
Obr. 63	Výskyt plísně v oblasti u zastřešení	38
Obr. 64	Výskyt plísně na parapetu	378
Obr. 65	Odporový vlhkoměr GMH3810	379
Obr. 66	Měření vlhkosti dřeva pomocí odporového vlhkoměru	39
Obr. 67	Dřevo napadené tesaříkem. Vzorek odebraný z mezilehlé vaznice (vzorek V1)	40
Obr. 68	Dřevo napadené tesaříkem. Vzorek odebraný ze zhlaví trámu (vzorek V2) ...	40

Tab. 1	Klasifikace vlhkosti zdiva dle ČSN P 73 0610.....	27
Tab. 2	Interiérové a exteriérové podmínky při měření	27
Tab. 3	Naměřené hodnoty vlhkosti a jejich klasifikace	28
Tab. 4	Hodnoty naměřené v laboratoři	30
Tab. 5	Klasifikace hodnot pH	32
Tab. 6	Hodnoty naměřené v laboratoři	32
Tab. 7	Klasifikace stupně zasolení zdiva dle ČSN P73 0610	33
Tab. 8	V laboratoři zjištěné hodnoty zasolení zdiva	33
Tab. 9	Naměřené hodnoty vlhkosti pomocí odporového vlhkoměru.....	39

10. SEZNAM VÝKRESŮ

č. 1	PŮDORYS V ÚROVNI PŘÍZEMÍ – STÁVAJÍCÍ STAV
č. 2	PŮDORYS V ÚROVNI PATRA – STÁVAJÍCÍ STAV
č. 3	ŘEZ A-A' - STÁVAJÍCÍ STAV
č. 4	PŮDORYS KROVU HLAVNÍ A VEDLEJŠÍ LODI – STÁVAJÍCÍ STAV
č. 5	PLNÁ VAZBA KROVU HLAVNÍ LODI
č. 6	JALOVÁ VAZBA KROVU HLAVNÍ LODI
č. 7	POHLED SEVERNÍ – STÁVAJÍCÍ STAV
č. 8	POHLED JIŽNÍ – STÁVAJÍCÍ STAV
č. 9	POHLED VÝCHODNÍ – STÁVAJÍCÍ STAV
č. 10	POHLED ZÁPADNÍ – STÁVAJÍCÍ STAV
č. 11	PŮDORYS V ÚROVNI PŘÍZEMÍ – ZAKRESLENÍ PORUCH
č. 12	ZAKRESLENÍ TRHLIN V OBJEKTU
č. 13	PŮDORYS PŘÍZEMÍ - MÍSTA MĚŘENÍ VLHKOSTI, TEPLoty A ODBĚRU VZORKŮ
č. 14	KROV - MÍSTA MĚŘENÍ VLHKOSTI A ODBĚRU VZORKŮ
č. 15	SCHÉMA ROZMÍSTĚNÍ TVAROVEK PODLAHOVÉ VZDUCHOVÉ DUTINY
č. 16	SCHÉMA DETAILU PODLAHOVÉ VZDUCHOVÉ DUTINY
č. 17	SANAČNÍ OMÍTKA – SEVERNÍ POHLED NA FASÁDU

- č. 18 SANAČNÍ OMÍTKA – JIŽNÍ POHLED NA FASÁDU
- č. 19 SANAČNÍ OMÍTKA – VÝCHODNÍ POHLED NA FASÁDU
- č. 20 SANAČNÍ OMÍTKA – ZÁPADNÍ POHLED NA FASÁDU
- č. 21 SCHÉMA PROTÉZOVÁNÍ VAZNÉHO TRÁMU
- č. 22 SCHÉMA PROTÉZOVÁNÍ MEZILEHLÉ VAZNICE
- č. 23 SCHÉMA SANACE HELIKÁLNÍ VÝZTUŽÍ
- č. 24 SCHÉMA SANACE OCELOVÝM TÁHLEM

11. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Kostel sv. Jiljí. *Národní památkový ústav: Památkový katalog* [online]. [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: <https://pamatkovykatalog.cz/?presenter=ElementsResults&action=element&element=18577556>
- [2] Kostel sv. Jiljí. *Depositum: Digiknihovna DEPOSITUM* [online]. [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: <http://depositum.cz/knihovny/pamatky/strom.clanek.php?clanek=4128>
- [3] Katastrální mapa. *ČÚZK Nahlížení do katastru nemovitostí* [online]. [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: <http://sgi-nahlizenidokn.cuzk.cz/marushka/default.aspx?themeid=3&&MarQueryId=2EDA9E08&MarQParam0=1533878404&MarQParamCount=1&MarWindowName=Marushka>
- [4] *Mapy.cz: Letecká mapa* [online]. [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: <https://de.mapy.cz/letecka-2015?x=13.2854849&y=49.4800710&z=16&source=base&id=1898809>
- [5] *Mapy.cz: Geografická mapa* [online]. [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: <https://de.mapy.cz/zemepisna?x=13.2956773&y=49.4814860&z=16&source=base&id=1898809>
- [6] Svatý Jiljí. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Svat%C3%BD_Jilj%C3%AD
- [7] Geologie, radon a geologická mapa Švihov u Klatov: Geologická mapa 1:50 000. *Geologické a geovědní mapy* [online]. [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: <https://mapy.geology.cz/geocr50/?center=-833500%2C-1097900%2C102067&level=8>
- [8] Geologie, radon a geologická mapa Švihov u Klatov: Vrtná prozkoumanost 1:50 000. *Geologické a geovědní mapy* [online]. [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: https://mapy.geology.cz/vrtna_prozkoumanost/

- [9] Geologie, radon a geologická mapa Švihov u Klatov: Komplexní radonová informace. *Geologické a geovědní mapy* [online]. [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: <https://mapy.geology.cz/radon/?center=-833500%2C-1097900%2C102067&level=8>
- [10] MINIATLAS MIKROORGANISMŮ: Abecední seznam mikroorganismů. *Masarykova univerzita* [online]. [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/prif/ps06/mikroorg/web/index.html>
- [11] MINIATLAS MIKROORGANISMŮ: *Alternaria alternata*. *Masarykova univerzita* [online]. [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/prif/ps06/mikroorg/web/alt.htm>
- [12] MINIATLAS MIKROORGANISMŮ: *Mucor plumbeus*. *Masarykova univerzita* [online]. [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/prif/ps06/mikroorg/web/muc.htm>
- [13] MINIATLAS MIKROORGANISMŮ: *Penicillium chrysogenum*. *Masarykova univerzita* [online]. [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/prif/ps06/mikroorg/web/pen-chr.htm>
- [14] Přehled výskytu plísní na vnějších fasádách budov v jednotlivých okresech v České republice z let 2014 až 2017- MAPA. *Kloknerův ústav: Výzkumný a zkušební ústav hmot a konstrukcí stavebních* [online]. [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: http://www.klok.cvut.cz/wp-content/uploads/2018/02/MAPA_2601.pdf
- [15] Nejstarší chemické výroby v Čechách. *VŠCHT PRAHA: Ústav učitelství a humanitních věd* [online]. [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: <https://kuhv.vscht.cz/files/uzel/0017043/Nejstar%C5%A1%C3%AD%20chemick%C3%A9%20v%C3%BDroby%20v%20%C4%8Cech%C3%A1ch.pdf?redirected>
- [16] HEŘMÁNKOVÁ, Věra, Ondřej ANTON, Petr CIKRLE a Michal STEHLÍK. Odolnost a trvanlivost dřevěných konstrukcí. In: *Tzb info* [online]. VUT Brno, Ústav stavebního zkušebnictví, 11.3.2013 [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/drevene-konstrukce/9638-odolnost-a-trvanlivost-drevenych-konstrukci>
- [17] Injektáž dřeva. *Ochrana-dreva.cz* [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <http://www.ochrana-dreva.cz/injektaz-dreva/>
- [18] Rekonstrukce dřevěných prvků protézováním, příložkováním a ukotvením do ocelových konzol. *ASB-portal.cz* [online]. 25.8.2008 [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/strop-a-podlaha/stropni-system/rekonstrukce-drevenych-prvku-protezovanim-prilozkovanim-a-ukotvenim-do-ocelovych-konzol>
- [19] Likvidace dřevokazného hmyzu. *Thermo sanace* [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <http://www.thermosanace.cz/likvidace-drevokazneho-hmyzu/>

- [20] Ochrana staveb/podlah: Odsolení. *Remmers* [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://remmers.cz/cs/ochrana-stavebpodlah/fasada/stare-stavby/cihlove-fasady/odsolovani/c/c6356>
- [21] Iglú a U-BOOT/ Iglú. *Gabex* [online]. [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: <https://www.gabex.cz/Iglu-provetrane-podlady-od-firmy-Gabex.html>
- [22] KUBANEK, Jiří, Pavel SCHMIDT a kol. MANUÁL A METODIKA navrhování a aplikace systémů DODATEČNĚ VKLÁDANÝCH HELIKÁLNÍCH VÝZTUŽÍ při zesilování stavebních konstrukcí v podmínkách stavebnictví ČR. *HELIKÁLNÍ VÝZTUŽE* [online]. 2006 [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: http://www.helikalni.cz/pdf/manual_kompakt.pdf
- [23] Bochemit QB Profi Prevence Technický list. *Bochemitshop* [online]. [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: https://www.bochemitshop.cz/index.php?controller=attachment&id_attachment=338&inline=1
- [24] Sanační omítka podkladní WTA: Technický list. *Cemix* [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: https://www.cemix.cz/data/files/technicky_1_sanacn_omitka_podkladni_wta1.pdf
- [25] Pracovní postup Cemix: Sanační omítkové systémy na vlhké zdivo. *Cemix* [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: https://www.cemix.cz/data/files/pp_sanacni_omitkove_systemy_na_vlhke_zdivo1.pdf
- [26] Sanační podhoz WTA: Technický list. *Cemix* [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: https://www.cemix.cz/data/files/technicky_1_sanacni_podhoz_wta1.pdf
- [27] Sanační omítka WTA: Technický list. *Cemix* [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: https://www.cemix.cz/data/files/technicky_1_sanacni_omitka_wta.pdf
- [28] Helifix: statické zajištění a opravy. *Helifix* [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: http://www.helifix.cz/CMSUpload/Clanek_14/katalog.pdf
- [29] Helikální výztuž: Aplikační postup. *HELIKÁLNÍ VÝZTUŽE* [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: http://www.helikalni.cz/pdf/aplikacni_postup.pdf
- [30] Mapa výskytu plísní na vnějších fasádách a v ovzduší na území České republiky. *Katedra konstrukcí pozemních staveb, Fakulta stavební ČVUT v Praze* [online]. [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: kps.fsv.cvut.cz/file_download.php?fid=7815
- [31] Chloridy. *Arnika* [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://arnika.org/chloridy>

- [32] Entsalzungskompresse: Technický list. *Remmers* [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: https://media.remmers.com/celum/export/documents/TM_1070_cs_CZ_177_74745.pdf
- [33] Kompakt MPC50: Technický list. *HELIKÁLNÍ VÝZTUŽE* [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: http://www.helikalni.cz/pdf/tl_malta_kompakt_mpc50.pdf
- [34] KOMPAKT VAH: Technický list. *HELIKÁLNÍ VÝZTUŽE* [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: http://www.helikalni.cz/pdf/tl_hv_kompakt_vah_cz.pdf
- [35] BALÍK, Michael a kol. *Odvhlčování staveb 2.*, přeprac. vyd. Praha: Grada, 2008. Stavitel. ISBN 978-80-247-2693-9.
- [36] KUKLÍK, Petr. *Dřevěné konstrukce*. Praha: Česká technika-nakladatelství ČVUT, 2005. ISBN 80-01-03310-4.
- [37] VINAŘ, Jan. *Konstrukce historických staveb: konstrukční principy, opravy*. Praha: STOP, 2006. ISBN 80-866-5705-1.
- [38] VINAŘ, Jan a Václav KUFNER. *Historické krovy: Konstrukce a statika*. Praha: Grada, 2004. ISBN 80-7169-575-0.
- [39] VINAŘ, Jan. *Historické krovy II: Průzkumy a opravy*. Praha: Grada, 2005. ISBN 80-247-1111-7.
- [40] WITZANY, Jiří, Richard WASSERBAUER, Tomáš ČEJKA, Klára KROFTOVÁ a Radek ZIGLER. *Obnova a rekonstrukce staveb: poruchy, degradace, sanace*. 2. přepracované vydání. V Praze: České vysoké učení technické, 2018. ISBN 978-80-01-06360-6.
- [41] PAZDERKA, Jiří a Radek ZIGLER. *Refurbishment of moist building masonry in terms sustainable building* [online]. Central Europe towards Sustainable Building, 2013, p.163-166 [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: http://www.cesb.cz/cesb13/proceedings/1_refurbishment/CESB13_1276.pdf
- [42] BULKOVÁ, Martina. *Švihov, okr. Klatovy. Stavebně historický průzkum kostela sv. Jiljí*. NPÚ ÚOP v Plzni, Referát výzkumů, průzkumů a dokumentace, 2012.
- [43] VINAŘ, Jan, PACÁKOVÁ, Marie, ŠEFCŮ, Ondřej. *Metodika ochrany dřeva* [online]. Praha: Státní ústav památkové péče, 2000 [cit. 2019-05-17]. ISBN 80-86234-14-2. Dostupné z: <http://previous.npu.cz/download/1204893368/met21ochrdrev.pdf>

12. SEZNAM PŘÍLOH

TECHNICKÉ LISTY

- BOCHEMIT QB PROFI
- CEMIX PODKLADNÍ SANAČNÍ OMÍTKA WTA
- CEMIX SANAČNÍ OMÍTKA WTA
- CEMIX SANAČNÍ PODHOZ WTA
- REMMERS ENTSALZUNGKOMPRESSE
- GABEX TVAROVKY IGLÚ
- HELIKÁLNÍ VÝZTUŽ KOMPAKT VAH
- KOTEVNÍ MALTA KOMPAKT MPC 50